



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

TEMA:

**“Resistencia del ionómero de vidrio de restauración de
autocurado odontológico a fuerzas de compresión. Universidad
Nacional De Chimborazo, 2018”**

Proyecto de investigación, requisito previo a la obtención del título de
Odontólogo

Autor: Marco Vinicio Sibambe Guaño

Tutora: Esp. Dra. Mónica Gómez Panoluisa

Riobamba – Ecuador

2019

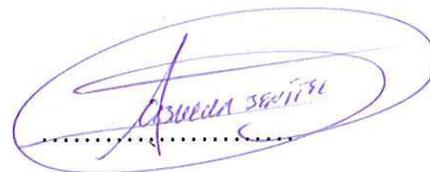
REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de Título: **“RESISTENCIA DEL IONÓMERO DE VIDRIO DE RESTAURACIÓN DE AUTOCURADO ODONTOLÓGICO A FUERZAS DE COMPRESIÓN. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, 2018”** presentado por: Marco Vinicio Sibambe Guaño y dirigido por: Esp. Dra. Mónica Gómez

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite el presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH para constancia de lo expuesto firman.

Dra. María Gabriela Benítez Pérez

Presidenta del tribunal



Firma

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado

Miembro del tribunal



Firma

Dra. Blanca Cecilia Badillo Conde

Miembro del tribunal



Firma

CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito Docente Tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Esp. Mónica Gómez CERTIFICO, que el señor Marco Vinicio Sibambe Guaño con C.I: 060410614-6, se encuentra apto para la presentación del proyecto de investigación: **“Resistencia del ionómero de vidrio de restauración de autocurado odontológico a fuerzas de compresión. Universidad Nacional De Chimborazo, 2018”**

Y, para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, en la ciudad de Riobamba.

Atentamente.



Dra. Mónica Gómez

CI. 1803222098

DOCENTE – TUTORA DE LA CARRERA DE ODONTOLOGIA

DERECHOS DE AUTORÍA

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación le corresponde exclusivamente a: Marco Vinicio Sibambe Guaño (autor), Dra. Mónica Gómez (tutora); y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad a lo dispuesto en el art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Marco Vinicio Sibambe Guaño

C.I. 060410614-6

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios, por bendecirme brindándome salud, fortaleza y sabiduría pudiendo con esos dones alcanzar una meta más en el inicio de este camino profesional el cual espero este lleno de éxitos.

Expresar mi gratitud al Centro de Fomento Carrocero de Tungurahua por facilitarme realizar las diferentes pruebas experimentales con la calidad necesaria para este proyecto de investigación

Manifestar mis más sinceros agradecimientos a mi tutora y estimado guía metodológico de tesis quien con sus conocimientos pudo guiarme correctamente, para el desarrollo de este proyecto.

A mis diversos catedráticos de pregrado quienes supieron impartir sus conocimientos de la mejor manera, con el fin de que aprendamos y seamos profesionales de bien, por compartir sus experiencias y sabios consejos para enfrentar la vida profesional de la mejor manera.

¡Muchas gracias por todo!

Marco Vinicio Sibambe

DEDICATORIA

A mi madre Natalia Guaño por brindarme su apoyo incondicional, sus sabios consejos, su amor puro y por sus palabras de aliento que me impulsaban a seguir adelante a pesar de los diferentes obstáculos que se presentaban durante mi formación académica y a mi querida hija Alisson ya que es mi principal motivación y la que me impulsa a seguir superándome cada día brindando lo mejor de mí y poderle otorgar un ejemplo de sacrificio y dedicación para su futuro.

Marco Vinicio Sibambe

RESUMEN

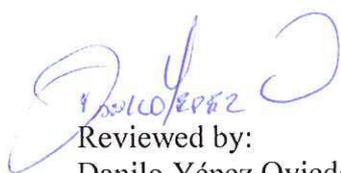
Los diferentes biomateriales que se emplean para los diversos tratamientos odontológicos han ido evolucionando, mejorando así sus diferentes propiedades en especial el de resistencia, es el caso de los ionómeros de vidrio los cuales son modificados en su composición con diferentes subproductos mejorando así sus cualidades y aumentando su resistencia como restauraciones dentales, facilitando al profesional el uso de otras alternativas en materiales para restauración. El objetivo del trabajo de investigación fue identificar qué preparación de ionómero de vidrio resultó más resistente ante la aplicación de fuerzas compresivas en ambientes simulados. La investigación fue de tipo observacional, descriptivo, comparativo, transversal invitro; se realizó pruebas de compresión en 30 muestras divididas en 10 discos de ionómero de tres marcas comerciales (Ketar Molar, Ionofil, Fuji) un conjunto de muestras fue preparada con la dosificación del fabricante bajo condiciones de saliva artificial y otras muestras se aumentó la dosificación líquida. En la tabla de comparaciones múltiples se determinó que existen diferencias significativas entre la resistencia a las fuerzas de compresión ($p=0,022$) o al menos uno resultó diferente por tanto se demostró que el ionómero más resistente fue el ionómero de vidrio Fuji IX, con un valor de su media de 38,57 Mpa y una resistencia máxima de 65,81 Mpa.

Palabras Clave: biomateriales, ionómero de vidrio, resistencia de materiales.

ABSTRACT

The different biomaterials that are used for the various dental treatments have evolved improving their different properties, especially their resistance. This is the case of glass ionomers which are modified in their composition with different byproducts thus improving their qualities and increasing their resistance in dental restorations facilitating to the professional the use of other alternatives in materials for restoration. The aim of the research work was to identify which glass ionomer preparation is the most resistant to the compressive forces application in simulated environments. The research was observational, descriptive, comparative, transversal and invitro. Compression tests were applied in 30 samples divided into 10 ionomer discs of three trademarks (Ketac Molar, Ionofil, Fuji). A set of samples was prepared with the manufacturer's dosage under artificial spittle conditions and other samples in which the liquid dosage was increased. In the multiple comparisons table, it was determined that there are significant differences among the resistance to compression forces ($p = 0.022$) or at least one was different so it was shown that the most resistant ionomer was the Fuji IX glass ionomer, with a value of its average of 38.57 MPa and a maximum resistance of 65.81 Mpa.

Keywords: biomaterials, glass ionomer, material resistance.



Reviewed by:

Danilo Yépez Oviedo

English professor UNACH



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
4. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo general.....	6
4.2 Objetivos específicos	6
5. MARCO TEÓRICO	7
5.1 Antecedentes.....	7
5.2 Biomateriales	9
5.3 Composición del ionómero de vidrio	9
5.3.1 Tipos de ionómeros de vidrio	10
5.3.2. Por su aplicación	10
5.3.3. Primera generación.....	10
5.3.4. Ionómeros reforzados.....	11
5.3.5. Ionómeros de vidrio modificados con resina.....	11
5.4 Ionómeros de vidrio	11
5.4.1. Propiedades.....	12
5.4.2 Fraguado	12
5.4.3 Liberación de flúor.....	13
5.4.4 Propiedades mecánicas.....	13
5.5 Oclusión Dentaria	13
5.5.1 Fuerzas Masticatorias.....	14
5.5.2 Resistencia de las restauraciones	14
5.6 Fuerza de compresión.....	15
5.7 Resistencia compresiva	16
5.8 Glosario de términos	16

6. METODOLOGÍA.....	18
6.1. Tipo y diseño de la investigación.....	18
6.2 Población.....	18
6.3 Entorno.....	19
6.4 Intervención.....	19
6.4.1 Criterio de inclusión.....	26
6.5. Técnicas e instrumentos.....	26
6.6 Análisis Estadístico.....	26
6.7 Cuestiones Éticas.....	27
6.8. Delimitación de la investigación.....	27
6.8.1 Delimitación espacial.....	27
6.8.2. Delimitación temporal.....	27
6.8.3. Delimitación del sujeto de estudio.....	27
6.9 Recursos.....	27
6.9.1 Recurso Humano.....	27
6.9.2. Recursos económicos.....	28
6.10 Operacionalización de Variables.....	28
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	29
7.1 Contraste de hipótesis.....	39
8. DISCUSIÓN.....	43
9. CONCLUSIONES.....	46
10. Recomendaciones.....	47
11. BIBLIOGRAFÍA.....	48
12. ANEXOS.....	51
12.1 Árbol de problemas.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1.	Estadísticos descriptivos	38
Tabla Nro. 2.	Pruebas de normalidad.....	39
Tabla Nro. 3.	Prueba de muestras independientes.....	39
Tabla Nro. 4.	Prueba de homogeneidad de varianzas	40
Tabla Nro. 5.	ANOVA	40
Tabla Nro. 6.	Comparaciones múltiples.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nro. 1. Matriz desmontable de acero inoxidable y su base	19
Figura Nro. 2. Diferentes ionómeros convencionales de restauración.....	19
Figura Nro. 3. Ketac Molar Easymix	20
Figura Nro. 4. Fuji IX.....	20
Figura Nro. 5. Ionofil Plus.....	20
Figura Nro. 6. Saliva artificial para cada tubo de ensayo (5 ml)	21
Figura Nro. 7. Colocación de los 5ml de saliva artificial en las muestras de ketac molar	21
Figura Nro. 8. Colocación de los 5ml de saliva artificial en las muestras Fuji IX	22
Figura Nro. 9. Colocación de los 5ml de saliva artificial e n las muestras de Ionofil Plus	22
Figura Nro. 10. Colocación de las muestras en la incubadora a 36°C	23
Figura Nro. 11. Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua	23
Figura Nro. 12. Medición del diámetro y longitud del cilindro prefabricado	24
Figura Nro. 13. Control de la temperatura y humedad.....	24
Figura Nro. 14. Máquina de compresión Metrotec	24
Figura Nro. 15. Colocación del cilindro de ionómero para la prueba de compresión	25
Figura Nro. 16. Cilindro de ionómero después de la prueba de compresión.....	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nro. 1. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 1PF).....	29
Gráfico Nro. 2. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 1 AL).....	30
Gráfico Nro. 3. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 2PF).....	31
Gráfico Nro. 4. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 2 AL).....	32
Gráfico Nro. 5. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 3 PF).....	33
Gráfico Nro. 6. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 3 AL).....	34
Gráfico Nro. 7. Relación compresión y fuerza máxima.....	35
Gráfico Nro. 8. Pruebas de compresión por tipo de material.....	36
Gráfico Nro. 9. Máxima Fuerza alcanzada por Material.....	37
Gráfico Nro. 10. Comparaciones materiales y tipo preparación.....	38
Gráfico Nro. 11. Medias de fuerzas de compresión.....	41

1. INTRODUCCIÓN

El ionómero de vidrio es un biomaterial muy utilizado en el área de odontología en los tratamientos de restauraciones, la presente investigación se refiere a la preparación de ionómeros de vidrio de autocurado con el fin de determinar su resistencia a procesos de compresión, mismos que serán sometidos en ambientes que simulan factores a los que se exponen estos materiales en la cavidad bucal. Las características principales del ionómero de vidrio son, su cómoda preparación, además tiene la capacidad de liberación de flúor que implica la prevención de caries recidivantes, facilitando así el uso en las diferentes restauraciones. ⁽¹⁾

Existen estudios que señalan un problema de resistencia en este tipo de materiales en dependencia de factores como rellenos y modificadores, que en función de su preparación pueden disminuir su resistencia, además de estos elementos el ambiente al cual se encuentra expuesto en boca puede determinar su durabilidad, ⁽²⁾ por lo que analizar esta problemática tiene como fin establecer los factores de resistencia que permitan que el ionómero perdure como material definitivo.

Es importante conocer la cantidad de fuerza a la cual puede resistir el ionómero de vidrio en diferentes ambientes con el interés de utilizarlo correctamente, evitando así futuras fracturas de las restauraciones que se realizan con este biomaterial, el cual es el segundo más utilizado en el ámbito de restauraciones dentales.⁽³⁾

Al determinar la resistencia a la compresión de diferentes ionómeros del vidrio en el campo restaurativo, tiene su significancia de interés académico, debido a que este biomaterial es muy utilizado por los estudiantes de pregrado y profesionales de las diferentes universidades en el área de odontología, por tanto, la selección adecuada del biomaterial en función de su resistencia y utilidad en el paciente es de gran relevancia para el tratamiento clínico.

La investigación conlleva una serie de pruebas de compresión en una máquina universal de ensayos Metrotec Serie MTE50 a una velocidad de compresión de 1mm por minuto, la máquina tiene una presión de 50 kn (kilonewtons), donde se ejerce presión a 30 muestras de ionómero de vidrio en forma de cilindros prefabricados de 4 mm de ancho y 6 mm de alto en una matriz desmontable, todas las muestras serán sumergidas en saliva artificial, el biomaterial de estudio se caracteriza por su forma de preparación donde varias muestras seguirán el proceso estándar del fabricante y en otras muestras se modificará la dosificación en función de su componente líquido, las muestras sometidas a la saliva artificial tendrán

una permanencia en la misma de 504 horas antes de ser sometidas a las pruebas de compresión.

El presente estudio tiene como objetivo identificar que ionómero de vidrio resulta más resistente ante la aplicación de fuerzas compresivas en ambientes simulados, además comparar que ionómero de vidrio es más resistente ante las fuerzas de compresión (Ketac™ Molar Easymix 3M, Fuji IX GP y Ionofil Plus Voco) y demostrar si el ambiente simulado influye en la resistencia del biomaterial con diferentes dosificaciones, para finalmente establecer que preparación de ionómero es más resistente ante la compresión (Ketac™ Molar Easymix 3M, Fuji IX GP y el Ionofil Plus Voco)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ionómero de vidrio es un material muy utilizado en la odontología actual debido a sus propiedades que lo hacen útil en diferentes procedimientos tanto de cementación como de obturación, en la actualidad también se ha incorporado resinas a su composición, generando ionómeros de vidrio de fotocurado, con el fin de superar las desventajas del ionómero de vidrio convencional, mejorando así sus propiedades mecánicas, estéticas e hidrófobas. ⁽³⁾

La búsqueda de materiales ideales para el tratamiento de la caries dental ha sido desarrollada a través de los años con diversos elementos que ayudan a restituir la estructura dental perdida, entre éstos se encuentra el cemento de ionómero de vidrio, este producto fue llamado originalmente cemento ASPA (Aluminio, Silicato y Poliacrilato). Sin embargo, mostró ciertas desventajas, como textura irregular, fraguado lento, en ciertas ocasiones dolor postoperatorio y sensibilidad a la humedad, ⁽¹⁾ esta sensibilidad produce que exista una adhesión del 25% a las estructuras del diente, por lo que la unión es más confiable y resistente que los sistemas de resina. ⁽⁴⁾

Diversas investigaciones demuestran que se desarrollan continuas mejoras en las propiedades de estos materiales, sin embargo aunque en menor magnitud se observan algunas deficiencias como: baja resistencia al desgaste, microfiltración, pigmentación y polimerización incompleta. La resistencia de estos materiales a diversos factores aún no es el ideal, dando como resultado su corta duración en boca. ⁽⁵⁾

Por otra parte la falta de conocimientos de los profesionales en el momento de la manipulación y preparación, dando como resultado que en las mesas de trabajo siempre sobra polvo y se agota el líquido, derrochando un producto tan importante en el mantenimiento de la salud bucal de la población. ⁽¹⁾

La aparición de los cementos de ionómero de vidrio fotocurables fue una consecuencia de las desventajas de los sistemas anteriores, particularmente su tiempo de trabajo corto, prolongando así su tiempo de fraguado, la foto polimerización puede afectar las propiedades finales del material ⁽¹⁾, ya que puede existir una contracción volumétrica de las partículas de resina durante el fotocurado de 1.35% a 7.1% dependiendo de la cantidad de la matriz orgánica que está posee. ⁽⁶⁾

El estudio más actual realizado bajo similares condiciones por Guagua Montaña Diana en el cual expone dos ionómeros de vidrio modificados con resina a diferentes tiempos en saliva artificial, con una temperatura de 37°C, el lapso de tiempo más alto es de 504 horas en

incubadora, llegando a obtener resultados muy evidentes en los cuales refiere que el tiempo de exposición a un ambiente simulada afecta significativamente en la resistencia de cada material ante las diferentes fuerzas de compresión. Concluyendo que el ionómero más resistente ante las fuerzas de compresión es el Fuji a lo largo del tiempo expuesto en ambiente simulado.⁽⁷⁾

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta investigación tiene como objetivo conocer la resistencia a la compresión que presenta cada ionómero de vidrio cuando se encuentren en diferentes ambientes, con diversas modificaciones en su composición para determinar cuál de estos son los que más resisten a la compresión, para su aplicación en restauraciones dentales, brindando al profesional criterios de selección adecuado en función de su resistencia y su aplicación según el tipo de tratamiento.

Las cargas masticatorias que se producen durante el acto de trituración de alimentos, generan gran compresión en los biomateriales de restauración, en razón de esto la difusión del presente trabajo pretende generar un aporte para la adecuada selección de los mejores materiales en función de sus factores modificadores para evitar daños o fracturas del biomaterial empleado en la restauración.

Uno de los problemas a resolver en el tratamiento de restauración es asegurar el uso de un biomaterial resistente a las fuerzas de compresión y al ambiente de la boca, para garantizar su durabilidad; por lo que emplear correctamente el ionómero más eficiente y asegurar su resistencia durante la vida útil; así como identificar si bajo sus respectivas modificaciones es capaz de resistir las diferentes fuerzas de compresión en las caras oclusales de las piezas dentales posteriores donde se ejerce mayor presión.

Está investigación es factible por analizar la capacidad de resistencia que presenta cada ionómero a las diversas fuerzas de compresión por las cuales podrían estar sometidas sin presentar daño alguno identificando si se produce algún cambio por motivos de la preparación manual de estos biomateriales o por el ambiente en el que se encuentran, constituye la razón principal que conlleva el presente trabajo.

Al identificar el biomaterial más resistente, el principal beneficiario es el estudiante de pregrado y los profesionales ya que pueden brindar un mejor tratamiento en las diferentes restauraciones dentales utilizando el ionómero más adecuado, basándose en la parte científica.

Con los resultados que se obtengan de esta investigación, generan importancia para impulsar los intereses de las líneas de investigación de la carrera de odontología como un aporte significativo para las mejores prácticas de los procesos de restauración con el uso adecuado de estos biomateriales.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Determinar la resistencia del ionómero de vidrio de restauración ante la aplicación de fuerzas compresivas en ambientes simulados.

4.2 Objetivos específicos

- Establecer que preparación de ionómero es más resistente ante la compresión (Ketac™ Molar Easymix 3M, Fuji IX GP y Ionofil Plus Voco)
- Identificar si el ambiente simulado influye en la resistencia del biomaterial con diferentes dosificaciones.
- Conocer que ionómero de vidrio es más resistente ante las fuerzas de compresión (Ketac™ Molar Easymix 3M, Fuji IX GP y Ionofil Plus Voco)

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Antecedentes

Existen estudios previos de resistencia a las fuerzas de compresión en los cuales los biomateriales se comportan de manera diferente entre los más similares al estudio actual tenemos:

“El propósito de esta investigación fue comparar la fuerza de compresión de diferentes ionómeros de vidrio. Se fabricaron 30 muestras, divididas en grupos de 10; en el primer grupo se utilizó Ketac Molar Easy Mix, en el segundo se utilizó Vitremer y en el tercero Ketac N 100. Se elaboraron cilindros de cada material, de acuerdo con las instrucciones del fabricante para cada caso, para tal fin se emplearon moldes preformados de Ultradent. Las muestras se almacenaron en agua a 37 °C por 24 horas, antes de ser falladas en una máquina de pruebas Tiinus Olsen H 10 K-s a una velocidad de 0,1 cm/min. El Ketac Easy Mix tuvo una fuerza compresiva de 40,9 MPa.; el Vitremer tuvo una fuerza promedio de 111,7 MPa, mientras que para el Ketac N 100 la fuerza fue de 117,4 MPa. Los ionómeros de vidrio híbridos poseen una resistencia a la compresión muy superior a la del ionómero de vidrio convencional evaluado.” Dra. Alejandra Hernández Mata. ⁽²⁾

En el artículo científico realizado por Hernández González y sus colaboradores menciona que “El conocimiento sobre las propiedades mecánicas de los materiales dentales es fundamental para una correcta indicación y funcionamiento en la cavidad oral, permitiéndole al profesional optar por el que presente mejor comportamiento durante la masticación. El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia a la compresión de Ionofil Molar® y Vitremer®, según tiempo de exposición en saliva artificial. Materiales y Métodos: Se prepararon 5 muestras para cada material evaluadas a los tiempos 0, 168 y 504 horas en saliva artificial a 37° C, según las especificaciones propuestas por la norma ANSI/ADA n°66. La resistencia a la compresión se determinó sometiendo las muestras a cargas en un equipo de ensayo de fuerzas Instron® a una velocidad de carga de 1 mm/min. Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas, la normalidad, se determinó mediante Kolmogorov-Smirnov y posteriormente un ANOVA. Se realizó el test de Tukey para determinar si existió diferencia significativa entre variables. Resultados: La resistencia compresiva de Vitremer no presentó diferencias estadísticamente significativas en el tiempo ($p=0.282$), a diferencia de Ionofil Molar, que sí presentó diferencias entre los distintos tiempos ($p=0.011$). Además en las muestras sin sumergir, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre materiales ($p=0.091$), en cambio sí existió diferencia al cabo de una y tres semanas de

exposición ($p=0$). Conclusión: el ionómero vidrio Vitremer presenta mayor resistencia compresiva a lo largo del tiempo, sin presentar alteraciones significativas en el tiempo al ser inmerso en saliva, a diferencia del Ionofil Molar que disminuyó significativamente su resistencia en las mismas condiciones.”⁽³⁾

“Durante la masticación actúan distintas fuerzas, como las de tracción, flexión y compresión. El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia compresiva de dos ionómeros de vidrio modificados con resina para restauración en cilindros fotopolimerizados considerando tiempo de exposición en saliva artificial. Materiales y métodos: se prepararon cinco muestras para cada material evaluadas a los tiempos 0, 168 y 504 horas en saliva artificial a 37 °C, según las especificaciones propuestas por la norma ANSI/ADA n° 66. La resistencia a la compresión se determinó sometiendo las muestras a fuerzas en una máquina universal de ensayo de cargas Tinitus Olsen a una velocidad de carga de 1 mm/min. Se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas, prueba de Anderson-Darling, prueba t y Anova. Resultados: hubo diferencia significativa entre materiales en el tiempo. Conclusión: el ionómero de vidrio FUJI presenta mayor resistencia compresiva a lo largo del tiempo, a diferencia del VITREMER con una resistencia compresiva disminuida inicial, que mejora con el tiempo sin superar al primero.” Tesis de Guagua Montaña Diana.⁽⁷⁾

Otra tesis similar realizada por Alejandra Valeria Rodríguez Díaz manifiesta que “Dentro de los últimos años la modificación de materiales dentales restauradores ha evolucionado, en los ionómeros de vidrio mejorando su biocompatibilidad, añadiendo partículas que desarrollaron nuevos productos con mejores propiedades tanto en adhesión, rigidez, resistencia a la abrasión resistencia a la compresión entre otros. Por ello sigue siendo un material de primera elección en tratamientos restauradores que devuelven al paciente morfología función y una estética aceptable. El objetivo del presente estudio fue evaluar la resistencia a la compresión de 3 tipos de ionómeros de vidrio (Ketac Molar Easy Mix, Fuji IX y Riva). El mismo que se llevó a cabo mediante un estudio experimental in vitro. La muestra estuvo conformada por 10 bloques de ionómeros de vidrio de Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE), 10 de Fuji IX (GC), y 10 de Riva self cure (SDI), a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia según Hernández Mata A, previo a la confección de los bloques se elaboró una plancha para la obtención de los mismos de 6mm de alto por 3mm de ancho los que se llevaron a la máquina de ensayos universales, en la Escuela Politécnica Nacional, donde se aplicó una fuerza de compresión de 0,1 cm/min hasta su fractura. Los resultados de los de la fuerza de compresión que se obtuvieron se procesaron con la prueba

estadística de ANOVA para determinar que el material dental de mayor valor es el Ionómero Riva con una resistencia a la compresión de 115,63Mpa.’’ (8)

5.2 Biomateriales

Son todas aquellas sustancias o materiales que se colocan en los diferentes tejidos de los órganos dentales con el propósito de reemplazar y devolver la funcionalidad de un órgano afectado por alguna anomalía o patología, estos materiales deben tener la mayor biocompatibilidad, estabilidad y buen acoplamiento en su estado biológico.⁽¹⁾

Aparte de su compatibilidad estos insumos deben brindar al operador algunos beneficios ya sea de seguridad, fácil aplicación, resistencia a las diferentes necesidades para las cuales son utilizados, buena presentación superficial e interna, entre otros factores que se acoplen a la necesidad del profesional.⁽⁵⁾

Sin importar las características que posee un biomaterial ninguno puede reemplazar en su totalidad a ninguna estructura de la pieza dental, por ello su conservación debe ser de suma importancia en cualquier plan de tratamiento.⁽¹⁾

Debido a que existe un contacto directo del biomaterial con los tejidos dentales varios estudios están encaminados a mejorar las diferentes propiedades de cada insumo que son empleados en el ámbito odontológico disminuyendo a lo máximo sus pocas desventajas como microfiltración, pigmentación y polimerización incompleta.⁽⁹⁾

5.3 Composición del ionómero de vidrio

La composición de los ionómeros dependerá para el uso que este diseñado, pero la composición básica por los cuales están constituidos la mayoría de ionómeros son principalmente: por un polvo el cual químicamente está formado por fluoruros de aluminio, dióxido de silicio, fosfatos, óxido de aluminio y sodio, mientras que la parte del líquido está conformado por diferentes ácidos copolímeros en una correlación de dos a uno, en el cual el ácido poliacrílico se encuentra en mayor concentración que el ácido itacónico ya que este reduce la densidad e inhabilita el proceso de gelación, también se encuentra un componente esencial como el agua, en cual se produce el cambio iónico al existir una inestabilidad en este factor se puede producir un daño estructural provocando la pronta fractura o alteración del material.⁽¹⁾

Al realizarse la mezcla de la preparación líquido y polvo se produce una reacción acido-base en donde el ácido ataca la faceta inicial de los átomos, para así poder liberar diferentes iones como el aluminio, fluoruros de calcio o estroncio, después del lanzamiento del ion, las

moléculas del poliácido pasan por la etapa de la ionización y adoptan una forma más lineal esto hace que el poliácido sean más accesible y facilite su enlace cruzado fortaleciéndose en la etapa posterior a la gelificación.⁽¹⁰⁾

Al producirse el fraguado o gelificación dentro de la matriz del poliácido, el agua se distribuirá de dos formas; agua suelta que puede ser retirada a través de la desecación y el agua encapsulada que es químicamente bloqueada en la matriz. Debido a esto el agua juega un papel esencial durante la maduración del cemento así como la difusión de iones. El cemento formará un compuesto de núcleos de vidrio sin reacción alguna, encapsulados por un gel de sílice e incrustados en la parte central de los poliácidos que une los componentes.⁽¹⁰⁾

Los cementos de ionómeros a partir de su composición original, las diferentes casas comerciales de insumos dentales han realizado algunas modificaciones en sus componentes químicos especialmente por ejemplo, añadiendo diferentes aleaciones de polvos con la finalidad de mejorar sus resistencias y por ende el uso de estos materiales, creando así una gran variedad de materiales.⁽¹⁾

Debido a las diferentes combinaciones en la estructura química, cada vez se van modificando los ionómeros con nuevos microrellenos que aportan positivamente en el mejoramiento de sus cualidades físico-químicas reduciendo al máximo sus defectos que poseían al inicio de su creación.⁽¹⁾

5.3.1 Tipos de ionómeros de vidrio

Los ionómeros de vidrio se clasificarán de acuerdo a sus diferentes usos clínicos y por su generación en las cuales fueron apareciendo.

5.3.2. Por su aplicación

Debido a que presentan diferentes composiciones son muy útiles en diversos tratamientos dentales se utilizan como: cementos de unión, para la realización de restauraciones temporales o definitivas y como bases cavitarias por su baja o nula toxicidad a la superficie interna del diente en especial la pulpa dental.⁽²⁾

5.3.3. Primera generación

En esta clasificación se encuentran los primeros ionómeros que aparecieron con sus diferentes componentes que lo destacaban en aquellos tiempos, como los ionómeros de la primera generación, estos dependían de la cantidad de alúmina y sílice para su reactividad lo que producía una reacción de óxido básico a óxido ácido y debido a la mezcla entre el ionómero de vidrio y el líquido se producían una reacción ácido-base, debido a esta

combinación se producía el aumento de la alcalinidad del vidrio modificando así la reacción del fraguado y los de segunda generación como los ionómeros de vidrio de endurecimiento ante la presencia del agua. Aquí el poliácido se ha incorporado en el polvo por lo tanto el cemento fragua rápidamente, prolongando la vida útil al prevenir la gelificación, una disminución de la viscosidad durante la mezcla y un aumento en la resistencia debido a que el peso molecular del poliácido puede incrementarse en este sistema.⁽¹¹⁾

5.3.4. Ionómeros reforzados

Debido a las modificaciones que se realizaron en las dos generaciones anteriores el biomaterial presentaba resultados bajos ante la resistencia al corte y no eran apropiados para colocarse en áreas posteriores ya que allí existen diferentes áreas de alto estrés, por lo cual se los reforzó de diferentes maneras entre las cuales destacan, la adición de fibras de alúmina, vidrio, sílice y carbono queriendo obtener con esto una mejor resistencia a la elasticidad. La mezcla con polvos de amalgama, con resina para reforzar al ionómero y los modificados con aminoácidos son las últimas modificaciones empleadas en estos biomateriales.⁽¹¹⁾

5.3.5. Ionómeros de vidrio modificados con resina

En esta clasificación se pueden encontrar aquellos que se formaron añadiendo metacrilato al ácido poliacrílico, tienen el mismo cristal liberador de iones en pequeñas dimensiones siendo algunos de fotopolimerización o de autopolimerización al realizarse cualquiera de estas dos actividades se producirá el fraguado del material por la absorción del agua complementando la reacción básica ácido-base, lo cual permite que se libere fluoruro pero esto dependerá de varios factores como el lugar de almacenamiento del ionómero, el tiempo de exposición a la fotopolimerización, el pH de la saliva que tenga el paciente y las condiciones en las cuales se encuentren la salud bucal. La cantidad de flúor liberado por este ionómero será de mayor cantidad en los primeros días dependiendo de los factores anteriormente mencionados, disminuyendo con el tiempo hasta mantenerse estable por un determinado lapso de tiempo lo cual es una gran ventaja a diferencia de la propia resina.⁽¹¹⁾

5.4 Ionómeros de vidrio

La creación de estos biomateriales surge por el año de 1969 a cargo de Wilson Y Kent, que después de transcurrir algunos años se fueron introduciendo en los países de Latinoamérica, siendo en los Estados Unidos los últimos en conocer e introducir este material a su mercado.⁽¹²⁾

El conocimiento de este biomaterial se registró a la ciencia por la década de los setenta, año en el cual estos materiales fueron encajados o utilizados en la profesión de la odontología, Kent nombro a estos materiales como "ionómeros de vidrio" tal nombre que perdura y se mantiene en la actualidad sin modificación alguna, los únicos cambios que se han realizado es en su composición, queriendo mejorar sus diferentes características y propiedades.⁽¹⁾

Por sus diferentes perfeccionamientos en la actualidad estos biomateriales son los que más han evolucionado debido a sus constantes modificaciones para mejorar su resistencia ya que fueron presentando una excelente compatibilidad con las estructuras de las piezas dentales en especial con el efecto protector hacia la pulpa y de unión con la dentina.⁽¹²⁾

5.4.1. Propiedades

Los ionómeros de vidrio presentan diferentes propiedades entre las cuales tenemos:

Compatibilidad biológica: debido a su peso elevado no puede penetrar en las partes más profundas de la dentina, por ende la porción ácida que posee no afecta al órgano dental, el pH al inicio es ácido pasando a ser neutro después de pocos minutos, no afecta en ningún sentido a la pulpa dental más bien presenta un efecto protector ya que actúa bloqueando el paso de los efectos térmicos del exterior ⁽¹⁾. Mecanismo de adhesividad; este mecanismo es muy importante ya que será el responsable de dar la unión directa del biomaterial con las estructuras dentales, debido a que la dentina posee un porcentaje de agua, facilitando que exista una fuerza directa de unión ya que el ionómero es hidrófilo, por ello es importante que antes de ser colocado el material la dentina debe permanecer húmeda facilitando así el ingreso del ionómero a los planos profundos y la unión directa al material restaurador ⁽¹⁾ y la adhesividad dependerá de diversos factores como la manipulación y la colocación del biomaterial, una vez preparado el material siguiendo las indicaciones del fabricante se debe colocar de inmediato en la cavidad para garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad.⁽¹⁾

5.4.2 Fraguado

Esta reacción química está inmersa por diferentes etapas como la descomposición del polvo aquí las partículas de vidrio son afectadas por el ácido liberando los cationes metálicos en la solución y el silicato que se forma en la superficie de las partículas. Otra etapa es la gelación en donde el pH de la porción acuosa se eleva provocando un aumento en la ionización del ácido carboxílico provocando que se cargue y se repelen entre si formándose una configuración más lineal. El aumento de la reacción entre cationes metálicos con el grupo

carboxilato produce un aumento en la viscosidad del material. El endurecimiento se da por los enlaces cruzados en las cadenas de polímeros por la liberación de los cationes metálicos que ocasionan el endurecimiento del cemento que está formado por partículas de vidrio sin reaccionar y por último esta la maduración esto se produce después del fraguado en donde existe un aumento de las fuerzas intermoleculares después de 24 horas.⁽¹¹⁾

5.4.3 Liberación de flúor

Es una de las principales características que posee este biomaterial y sus diversas presentaciones ya que al endurecerse lo cual sucede después del fraguado, el flúor queda libre en el cemento y puede desplazarse a las diferentes estructuras de la pieza dental en la que se haya aplicado convirtiéndose en un tipo de depósito de flúor para el paciente.⁽⁷⁾

Existen algunos factores experimentales que influyen con la liberación del flúor pueden ser el almacenamiento del material, la solución del conservante o componentes, pH salival, estado de salud bucodental, la dosificación del material y la manipulación del mismo. La liberación del fluoruro aumenta en la saliva natural ya que contiene una enzima que ayuda a este proceso.⁽¹¹⁾

La liberación del fluoruro en las restauraciones contribuye de manera muy positiva ya que esta acción proporciona un efecto cariostático impidiendo así que se siga desarrollando el proceso cariogénico.⁽¹³⁾

5.4.4 Propiedades mecánicas

Esta propiedad está dada principalmente por la relación líquido y polvo que conforma la microestructura del ionómero, las diferentes fuerzas de cohesión están dadas por los enlaces cruzados de iones, puentes y entrelazamientos de las cadenas de hidrógeno, el ionómero preparado con una mayor consistencia se establece más rápido y son de mayor resistencia a diferencia de las preparaciones de menor resistencia, según los resultados manifestados por Wilson menciona que “la cantidad de polvo aumenta la consistencia del cemento, la reacción de fraguado se acelera y el cemento se vuelve más fuerte sin embargo, esta situación tiene un punto crítico, más allá del cual la cantidad de la matriz física será insuficiente para unirse al cemento y mantener los ingredientes del cemento uno al lado del otro; por lo tanto, las propiedades mecánicas disminuirán significativamente.”⁽¹¹⁾

5.5 Oclusión Dentaria

Es la base de la odontología ya que por medio de esta podremos apreciar si existe el contacto directo de las diferentes piezas dentales que es de suma importancia antes de efectuar

cualquier tratamiento odontológico, la oclusión nos ayudan en una serie de actividades siendo de suma importancia en el proceso de la masticación, el cual está acompañado del correcto funcionamiento de cada músculo que interviene en esta compleja actividad.⁽¹⁴⁾

Con el correcto funcionamiento de las estructuras que participan en la masticación como los músculos, ligamentos, articulación temporomandibular, tejidos de soporte y dientes que aparte de la masticación también ayudan a la fonación y trituración de los diferentes alimentos para la correcta deglución facilitando así el trabajo del resto del sistema digestivo, abrir y cerrar la boca puede ser considerado un acto sencillo el cual dependerá de un complejo sistema especializado del cuerpo humano.⁽¹⁴⁾

Al no existir una correcta función en la cavidad oral se producirá el inicio o desarrollo de las diferentes patologías oclusales que con el transcurso del tiempo producirán daños que podrían ser irreversibles conllevando a que la persona tenga tratamientos prolongados con el uso de alguna aparatología especial para mejorar su estado de salud oral.⁽¹⁵⁾

La oclusión dentaria es fundamental en la estomatología, por sus componentes, fisiología e integración con el sistema estomatognático por ello continúa siendo objeto de interés para el mundo científico. Con el propósito de actualizar conceptos y tratamientos demostrando la completa integración y funcionalidad que tiene este sistema dentro del cuerpo humano.⁽¹⁶⁾

5.5.1 Fuerzas Masticatorias

Es toda aquella presión que ejerce los maxilares al momento de producirse la masticación, la cantidad de esta fuerza estará determinada por la conformación y estado en los cuales se encuentren las piezas dentales y los diferentes músculos tanto elevadores como depresores de la mandíbula y el correcto funcionamiento de cada estructura que participa en este proceso, las cuales formaran una fuerza al momento de producir la masticación.⁽¹⁷⁾

Se da gran importancia a los efectos de las fuerzas oclusales por la posible relación que tienen con las fracturas de restauraciones y de dientes con tratamientos de endodoncia, frecuentemente se realizan estudios que aplican fuerzas similares a las generadas en la masticación entre 133 N y 727 N, estas fuerzas son medidas en Newton.⁽¹⁸⁾ Cabe recalcar que una persona en armonía muscular y correcto funcionamiento de sus estructuras masticatorias podría alcanzar de 70 a 90 Newtons de fuerza masticatoria.⁽⁷⁾

5.5.2 Resistencia de las restauraciones

La resistencia de las restauraciones dependerá primordialmente del material por el cual estén realizadas o por las modificaciones que se encuentren en su composición y el estado de los

diferentes órganos dentales, se puede obtener restauraciones de resinas que son las más utilizadas en la actualidad, restauraciones de ionómero, restauraciones más complejas en las cuales se colocarán materiales más rígidos como la cerámica y diversos biomateriales más que están diseñados para resistir las diferentes fuerzas de masticación y proteger a las piezas dentales

De acuerdo a la aplicación de los materiales utilizados la resistencia de las restauraciones serán muy variadas ya que depende del microrelleno de cada material, por ejemplo, las resinas son capaces de resistir la compresión promedio de 150 a 240 MPa, estos valores podrían aumentar o disminuir dependiendo de la composición que posea cada una de las diferentes resinas.⁽⁶⁾ Mientras que los biomateriales como el ionómero quizás podrían soportar una carga promedio 92 a 175 MPa, estos resultados varían dependiendo de la composición o para que tratamiento se lo está empleando, por ello no podría existir un valor estable que controle a los diferentes biomateriales dentales ya que siempre varían por sus componentes por los cuales están formados.⁽¹⁹⁾

Existe una norma para los biomateriales restaurativos como el ionómero la cual establece los parámetros básicos por los cuales deberían estar conformados para cumplir su papel como material de restauración según el ADA determina que deben tener un soporte mínimo de 130 Mpa a las diferentes fuerzas de compresión.⁽¹⁹⁾

Además de aquella norma también existen algunas indicaciones en las cuales se pueden establecer un rango mínimo de resistencia de los ionómeros de restauración especialmente con un rango mínimo de 65 MPa a 125 MPa manifestado por la norma ISO de 1986.⁽⁸⁾

5.6 Fuerza de compresión

Los diferentes biomateriales que son diseñados para reparar tejidos del cuerpo y que sean sometidos a la compresión deben tener la suficiente fuerza para resistir dichas cargas, a estos biomateriales se les puede medir la capacidad de compresión que posee mediante pruebas de compresión que es usado a menudo en los materiales frágiles para determinar los límites de fractura a las fuerzas compresiva que posee.⁽²⁰⁾

Al someter un cuerpo bajo una carga que tiende a comprimirlo, va a existir una resistencia interna que se opone al peso de dicha carga a esto se lo denomina fuerza de compresión, existirá una deformación del biomaterial directamente relacionado a las cargas que recibe durante la oclusión, donde si la carga supera el límite elástico del biomaterial por el cual esta

echa la restauración, termina deformándose y por ende se desadapta de la cavidad o tiende a fracturarse.⁽⁸⁾

Para determinar la capacidad de resistencia de un biomaterial tendrá que ser sometido a una cuantía de fuerzas, generando un esfuerzo, misma que es la fuerza externa ejercida, la cual promueve una fuerza interna que permite ver la reacción del material restaurador, cuando esta fuerza supera el límite de flexibilidad del mismo, sufre una deformación plástica donde no tiene la capacidad de recuperarse llegando a la fractura.⁽²¹⁾

5.7 Resistencia compresiva

Expresa la capacidad que demuestra un material para resistir presiones directas verticales, es decir la tensión máxima que puede soportar un material antes de fracturarse. Se debe tener en cuenta esta propiedad mecánica ya que durante el acto masticatorio las fuerzas de compresión se elevan o disminuyen dependiendo la necesidad para la correcta trituración de los diferentes alimentos.⁽²²⁾

Debido a esta necesidad el primer ionómero de vidrio utilizado para restauraciones fue el conocido como ASPA el cual resistía a una fuerza de compresión de 150 MPa pero después de 24 horas de haberlo colocado.⁽⁸⁾ Debido a las diferentes modificaciones que se han realizado en los ionómeros en la actualidad son materiales que tienen notables mejoras de sus patrones iniciales, brindando así mayor seguridad en su uso tanto para el operador y el paciente que es el beneficiario directo de este maravilloso material.

5.8 Glosario de términos

Biomateriales: son aquellos materiales empleados para diferentes tratamientos los cuales son tolerados por el organismo.⁽²³⁾

Ionómero: son polímeros que se encuentran constituidos por pequeñas porciones de grupos iónicos que se encuentran enlazados en las partes terminales o laterales de las cadenas que principalmente son hidrofóbicas.⁽²⁴⁾

Resina: es aquella sustancia que al tener contacto con el ambiente se solidifica ya que es de consistencia pastosa e insoluble e el agua de origen vegetal o se puede obtener mediante reacciones de polimerización.⁽²³⁾

Ácido: sustancia que al combinarse con la base se produce sales y al encontrarse en disolución incrementa el porcentaje de los iones de hidrógeno.⁽²³⁾

Fraguado: es el efecto que se produce al endurecerse algún material.⁽²³⁾

Flúor: sustancia química que se añade a los dentífricos para la ayuda contra la caries dental.⁽²³⁾

Restauración: es la acción de reparar o recuperar algo devolviendo el estado que antes tenía.⁽²³⁾

Adhesividad: es la sustancia que al colocarse entre dos objetos o cuerpos sirve para pegarlos o unirlos.⁽²³⁾

Biocompatible: es la acción de ser compatible con un organismo vivo.⁽²³⁾

Oclusión: es el cierre completo que se produce en la cavidad oral por la participación de una articulación.⁽²³⁾

Compresión: es la presión de dos fuerzas opuestas a la cual está sometido un objeto.⁽²³⁾

Resistencia: es aquella fuerza que se opone a la acción de otras fuerzas opuestas.⁽²³⁾

Esmalte: es un material que forma una capa protectora muy rígida en la corona de los dientes de los vertebrados.⁽²³⁾

Patología: es el conjunto de síntomas que manifiesta una determinada enfermedad o rama de la medicina que estudia las diferentes enfermedades.⁽²³⁾

Propiedades: es la cualidad principal o esencial de algún material u objeto.⁽²³⁾

Repeler: es la acción de rechazar o no aceptar otro elemento en su masa o composición.⁽²³⁾

Aminoácido: es la composición que esta hecha por un conjunto amino y un carboxilo, es una sustancia química orgánica.⁽²³⁾

Fluoruro: es la sal que se obtiene del ácido fluorhídrico.⁽²³⁾

Pulpa dental: es aquel tejido que se localiza en la parte interna de los dientes de los vertebrados formado por nervios y vasos sanguíneos.⁽²³⁾

Enzima: es una proteína que acelera el proceso de una reacción bioquímica en el metabolismo de un individuo.⁽²³⁾

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo y diseño de la investigación

Observacional y Descriptivo: se determinó las diferentes fuerzas de compresión ejercidas por la máquina de pruebas universales sobre las diferentes preparaciones de ionómero de vidrio y se detalló la resistencia que posee cada uno de los ionómeros antes de que se produzca la fractura del mismo. Con ello se pudo comprobar la posible asociación de las variables de investigación antes las diferentes preparaciones. **Descriptivo:** porque se describió cuál de los diferentes ionómeros presentaron mejor resistencia al momento de recibir fuerzas de compresión. **Analítico:** se examinó si las diferentes dosificaciones al momento de la preparación de los ionómeros y el ambiente en el cual se encuentra afectan en su resistencia. **De campo:** esta investigación se consideró de campo ya que su base fue la observación y tuvo sus fundamentos en la información de artículos científicos como guía que estableció esta metodología. **Comparativo:** debido a que se analizó tres tipos de ionómeros con diferentes dosificaciones y en un ambiente simulado que determinó cuál fue el más resistente ante las fuerzas de compresión y si el ambiente afectó en su resistencia. **In vitro:** no compromete muestras directas de personas y su aplicación se realizó en discos prefabricados de ionómeros. **Transversal:** cada muestra fue analizada en un determinado momento sin un periodo de seguimiento.

6.2 Población

El estudio se realizó al prefabricar discos de ionómeros, los mismos que fueron indispensables para ser sometidos a fuerzas de compresión en la maquina universal.

La población estuvo conformada de alrededor de 30 muestras dividiéndolas en 10 discos de ionómero convencional Ketac Molar Easy Mix de la casa comercial 3M , 5 muestras siguiendo la dosificación del fabricante expuestas a saliva artificial y 5 muestras con diferente dosificación líquida expuestas a saliva artificial. Se elaboró 10 muestras de ionómero convencional Fuji Gold Label IX de la casa comercial Fuji, de las cuales 5 muestras se prepararon con la dosificación del fabricante exponiéndolas a saliva artificial y 5 muestras con diferente dosificación líquida expuestas a saliva artificial y finalmente 10 muestras de ionómero Ionofil Plus de la casa comercial VOCO que se preparó 5 muestras siguiendo la dosificación del fabricante expuestas a saliva artificial y 5 muestras con diferente dosificación líquida expuestas a saliva artificial.

6.3 Entorno

Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua laboratorio de resistencia de materiales.

6.4 Intervención

Se realizó la fabricación de la matriz desmontable de acero inoxidable y su base para la colocación de los diferentes cilindros de ionómero, con un diámetro de 4 mm y una longitud de 6mm, siguiendo la norma ISO 9917-1.

Figura Nro. 1. Matriz desmontable de acero inoxidable y su base



Autor: Marco Sibambe

Adquisición de los diferentes ionómeros de vidrio Ketac Molar Easymix, Fuji IX e Ionofil Plus, espátulas de plástico para cada ionómero y atacadores.

Figura Nro. 2. Diferentes ionómeros convencionales de restauración



Autor: Marco Sibambe

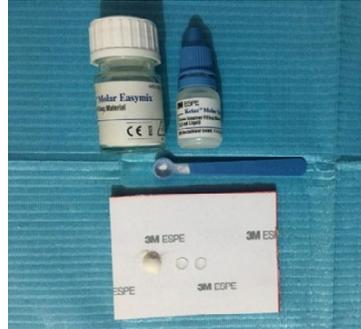
Se realizó la preparación de cada muestra de los diferentes ionómeros de vidrio tanto con la dosificación del fabricante y el aumento de dosificación líquida con su respectivo dosificador. Se colocó en la platina prefabricada para darle la forma de cilindros de 4mm de

ancho por 6 mm de alto según la norma ISO 9917-1 del 2013, las marcas que se utilizó fueron 3M, FUJI y VOCO, ionómeros convencionales de restauración y de autocurado.

Figura Nro. 3. Ketac Molar Easymix



(a) Dosis del Fabricante



(b) Dosis aumentando una gota de líquido

Figura Nro. 4. Fuji IX



(a) Dosis del Fabricante



(b) Dosis aumentando una gota de líquido

Figura Nro. 5. Ionofil Plus



(a) Dosis del Fabricante



(b) Dosis aumentando una gota de líquido

Autor: Marco Sibambe

Esperamos su correcto fraguado y después de 24 horas retiramos los cilindros prefabricados de la platina para luego ser colocados en diferentes tubos de ensayo rotulados con cada material y su dosificación. Se colocó 5 ml de saliva artificial en cada tubo de ensayo los

cuales contenía 5 muestras de ionómero Ketac Molar con la dosificación del fabricante y 5 muestras aumentada la dosificación líquida, se realizó el mismo procedimiento para el ionómero Fuji e Ionofil Plus.

Figura Nro. 6. Saliva artificial para cada tubo de ensayo (5 ml)

Autor: Marco Sibambe



Figura Nro. 7. Colocación de los 5ml de saliva artificial en las muestras de ketac molar



Figura Nro. 8. Colocación de los 5ml de saliva artificial en las muestras Fuji IX



Figura Nro. 9. Colocación de los 5ml de saliva artificial e n las muestras de Ionofil Plus



Autor: Marco Sibambe

Después de colocar la saliva artificial colocamos los tubos de ensayo que contienen las muestras en una incubadora a 36°C por el lapso de 504 horas.

Figura Nro. 10. Colocación de las muestras en la incubadora a 36°C



Autor: Marco Sibambe

Después de haber transcurrido las 504 horas en la incubadora se procedió a retirar las muestras y trasladarlo al Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua, al departamento de resistencia de materiales en el cual se procedió con las respectivas pruebas de compresión de cada probeta y de cada tipo de material, en la máquina de pruebas universales Metrotec para polímeros y cerámicas donde cada cilindro fue medido su longitud y diámetro, la temperatura y la humedad del ambiente antes de ser sometido a las fuerzas de compresión a una velocidad de 1mm por minuto, la maquina tuvo una presión de 50 kilonewtons.

Figura Nro. 11. Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua



Autor: Marco Sibambe

Figura Nro. 12. Medición del diámetro y longitud del cilindro prefabricado



Figura Nro. 13. Control de la temperatura y humedad



Figura Nro. 14. Máquina de compresión Metrotec



Figura Nro. 15. Colocación del cilindro de ionómero para la prueba de compresión

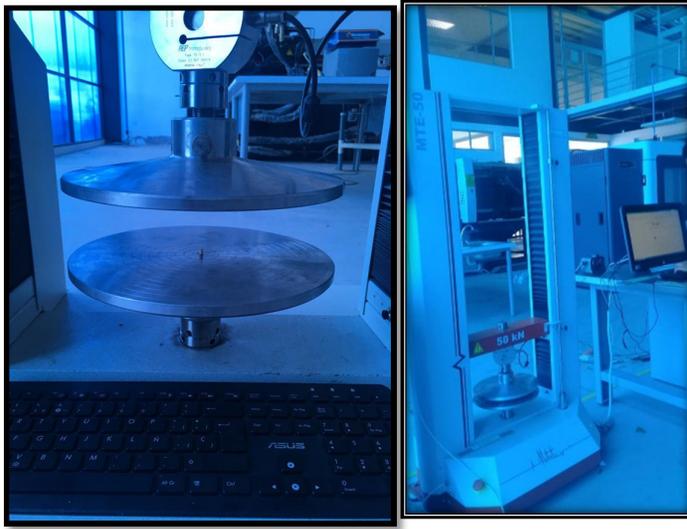
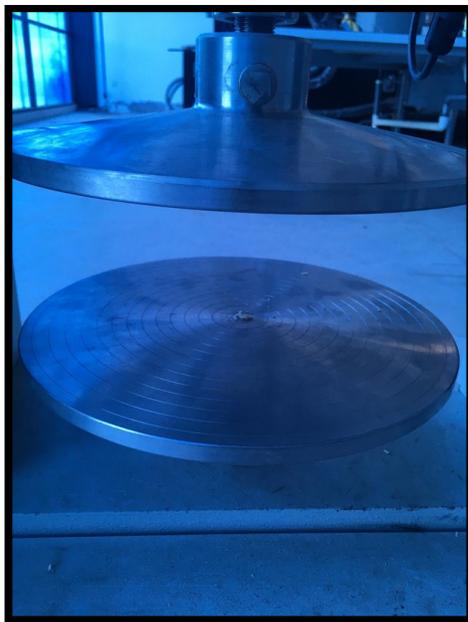


Figura Nro. 16. Cilindro de ionómero después de la prueba de compresión



Autor: Marco Sibambe

Después de una semana de haberse realizado las diferentes pruebas de compresión de los ionómeros de vidrio el Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua entregó los respectivos resultados que se obtuvieron en las pruebas mecánicas de compresión.

6.4.1 Criterio de selección

Cilindros de ionómeros de vidrio de 4 mm de ancho y 6 mm de alto, ionómeros que no se encuentren en estado de caducidad y muestras que no tenga burbujas ni ninguna modificación durante el fraguado.

6.5. Técnicas e instrumentos

Técnica: observación ya que se anotó los datos que proporciona la máquina de pruebas mecánicas según la fuerza de compresión que se fue aplicando a las muestras.

Instrumento: lista de cotejo o bitácora del laboratorio que se empleó para la recolección de datos de las mediciones a las resistencias de cada ionómero con su respectiva preparación.

6.6 Análisis Estadístico

Este estudio utilizó estadística descriptiva para evaluar las diferentes resistencias que tuvieron los ionómeros ante las fuerzas de compresión y los datos fueron procesados con la ayuda de un programa estadístico SPSS VERSION 24.00.

Método de recolección de datos

Se recolectó información cualitativa acerca de:

- Tipos de biomateriales
- Marcas de biomateriales

Se calculó escalas cuantitativas tales como:

- Numero de gotas
- Cantidad dosificada
- Humedad
- Temperatura
- Fuerza máxima
- Esfuerzo Máximo

Elaboración de la información

Estadística descriptiva en SPSS VERSION 24.00

6.7 Cuestiones Éticas

Todo el trabajo investigativo se lo realizó en un laboratorio sin la necesidad de muestras biológicas de ningún tipo, ya que la base de la investigación estuvo establecida en muestras prefabricadas.

6.8. Delimitación de la investigación

6.8.1 Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en el laboratorio de biomateriales de la Universidad Nacional de Chimborazo y el Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua laboratorio de resistencia de materiales.

6.8.2. Delimitación temporal

Se realizó durante el periodo septiembre 2018 – marzo 2019.

6.8.3. Delimitación del sujeto de estudio

En el presente estudio se consideró a los diferentes ionómeros de vidrio y su preparación.

Técnicas de investigación:

Se realizó diferentes preparaciones con dosificaciones recomendadas por el fabricante y dosificaciones al azar, colocando las muestras en saliva artificial.

Se aplicó fuerzas de compresión sobre discos de ionómeros prefabricados para determinar su resistencia.

Los resultados se registraron en la bitácora del laboratorio y se codificaron en la base de datos en el programa SPSS.

6.9 Recursos

6.9.1 Recurso Humano

Tutor de la Investigación

Estudiante de Titulación para elaborar el proyecto de Investigación Marco Sibambe

Responsable del laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metal Mecánico Carrocero de Tungurahua

6.9.2. Recursos económicos

Actividad	Valor
Adquisición de ionómeros	200
Pruebas mecánicas	250
Transporte	50
Impresiones y copias	50
Total	500

6.10 Operacionalización de Variables

Operacionalización

VI: Composición del ionómero de vidrio

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Es la sustancia tanto líquida como polvo que una vez mezclado constituye un biomaterial usado en diferentes tratamientos odontológicos	Líquido	Nro. Gotas	Observación	Lista de cotejo
	Polvo	Cantidad dosificada (mg)		
	Biomaterial	Tipos Marcas		
	Dimensión	Diámetro Longitud		

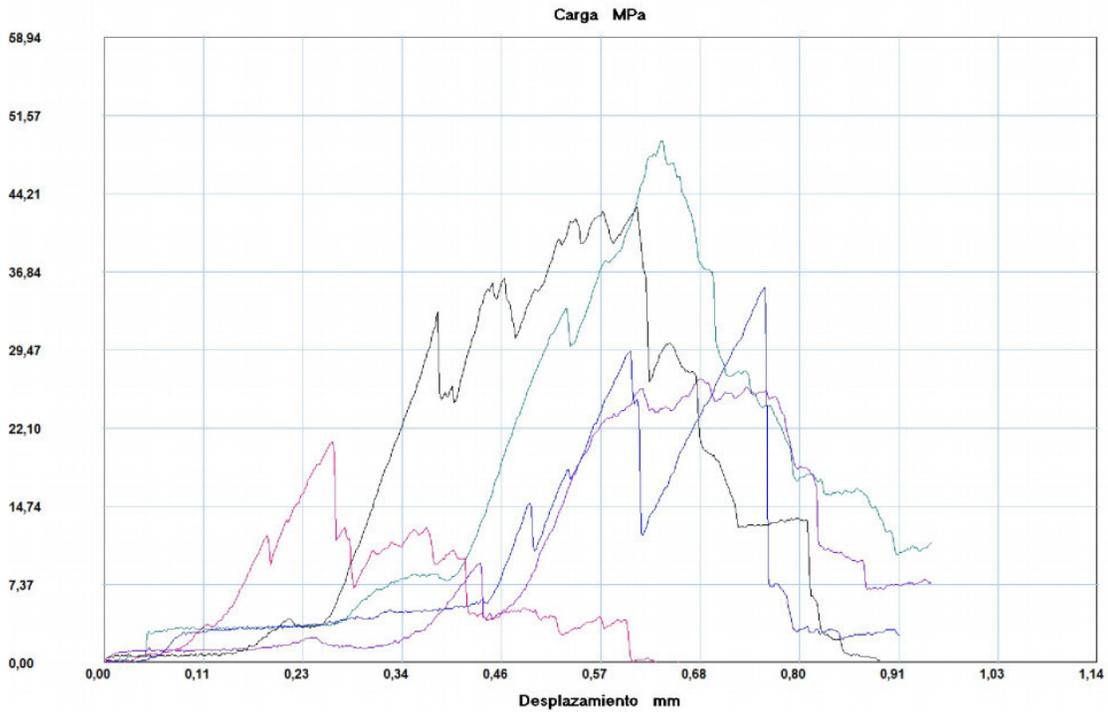
VD: Fuerzas de compresión

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Compresión a la cual se somete un cuerpo para determinar su resistencia	Compresión	Fuerza Máxima (N) Esfuerzo Máximo (MPa)	Observación	Lista de cotejo
	Resistencia	Temperatura Humedad Tiempo		

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los ensayos en laboratorio fueron realizados sobre 30 probetas de 3 marcas de materiales de ionómeros de vidrio probando su resistencia, cuyo factor de variación estaba determinado por el proceso de preparación y el ambiente de simulación de ph salival.

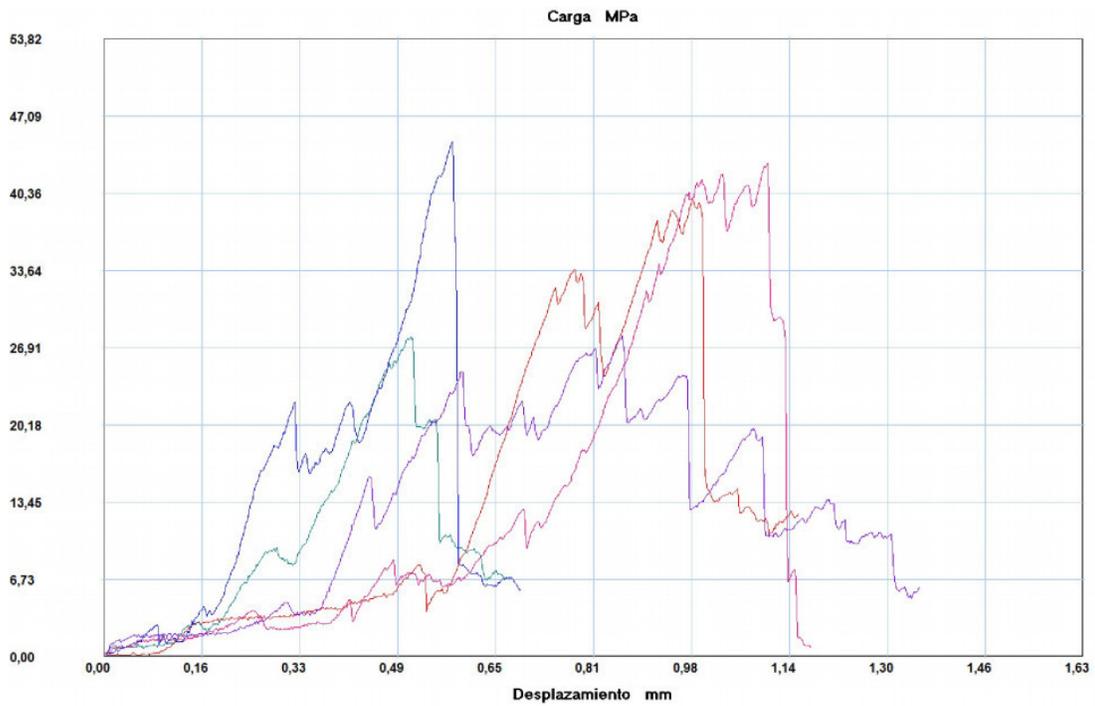
Gráfico Nro. 1. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 1PF).



Fuente: Informe ECP 01 ensayo compresión

Análisis: En el ensayo de compresión con el material 1 se mostró la resistencia de la compresión de 5 probetas cuyo factor de preparación estaba dado por los valores de fábrica mostrando una media de 35,02 Mpa de fuerza antes que el material pierda su estructura, las muestras en probeta tuvieron diferentes valores en el desplazamiento (mm), el mismo resultó muy variante en el desarrollo de la prueba con un rango de 0 hasta 0,91 mm.

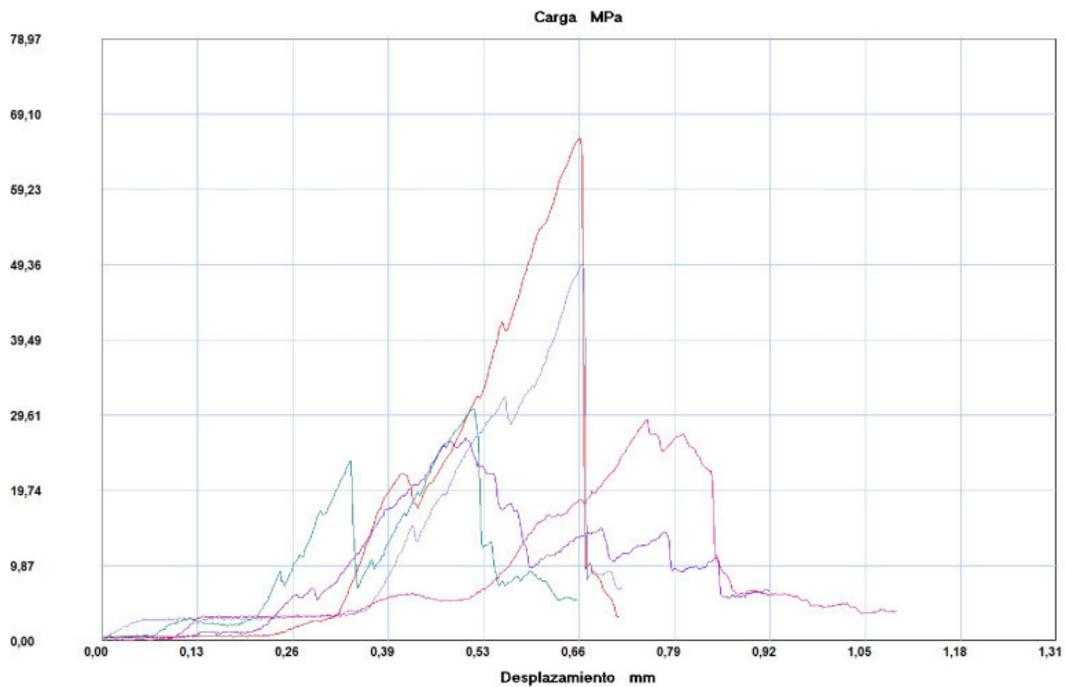
Gráfico Nro. 2. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 1 AL).



Fuente: Informe ECP 02 ensayo compresión

Análisis: En el ensayo de compresión con el material 1 se mostró la resistencia de la compresión de 5 probetas cuyo factor de preparación estaba dado por aumento de líquido de 2 a 4 gotas de líquido con 9 gr o 2 cucharadas dosificadoras enrasadas de polvo, mostrando una media de 36,713 Mpa de fuerza antes que el material pierda su estructura, las muestras en probeta tuvieron diferentes valores en el desplazamiento (mm) el mismo que fue desde 0 hasta 1,30 mm.

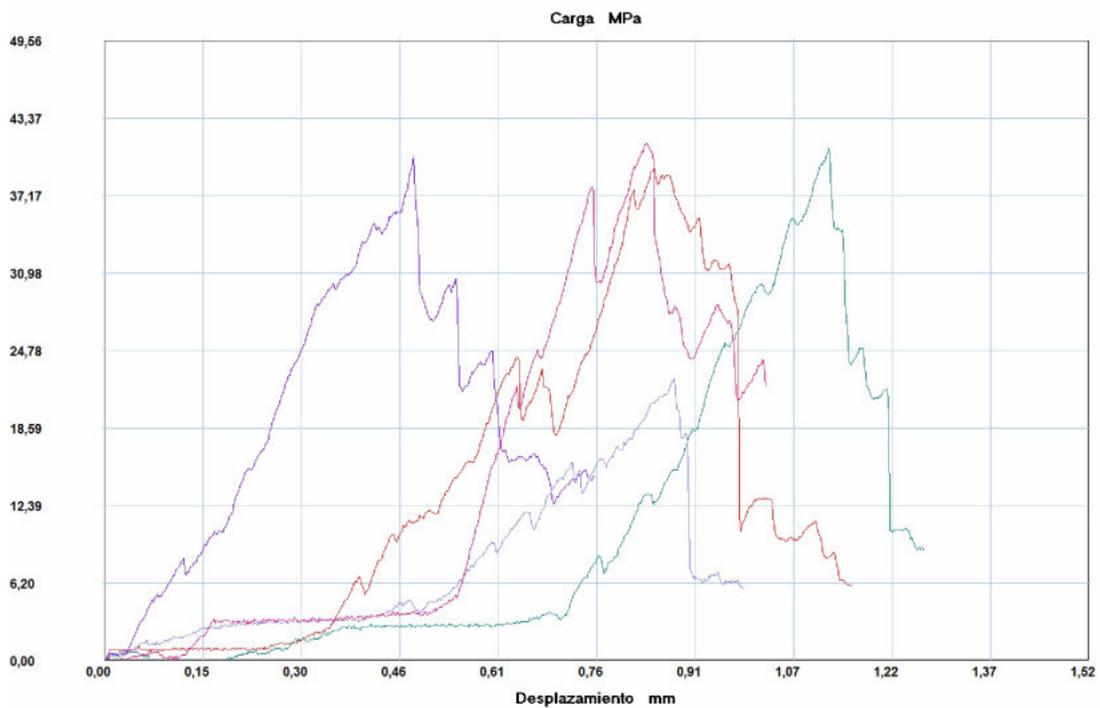
Gráfico Nro. 3. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 2PF).



Fuente: Informe ECP 03 ensayo compresión

Análisis: En el ensayo de compresión con el material 2 se reveló la resistencia de la compresión de 5 probetas cuyo factor de preparación estaba dado mediante los valores que determina la fábrica, mostrando una media de 40,243 Mpa de fuerza antes que el material comience a sufrir desplazamiento, donde los valores del mismo fueron desde 0 hasta 1,05 mm como valor máximo, una de las muestras se puede apreciar que existió un valor alto de carga ejercido con un desplazamiento de 0,66mm.

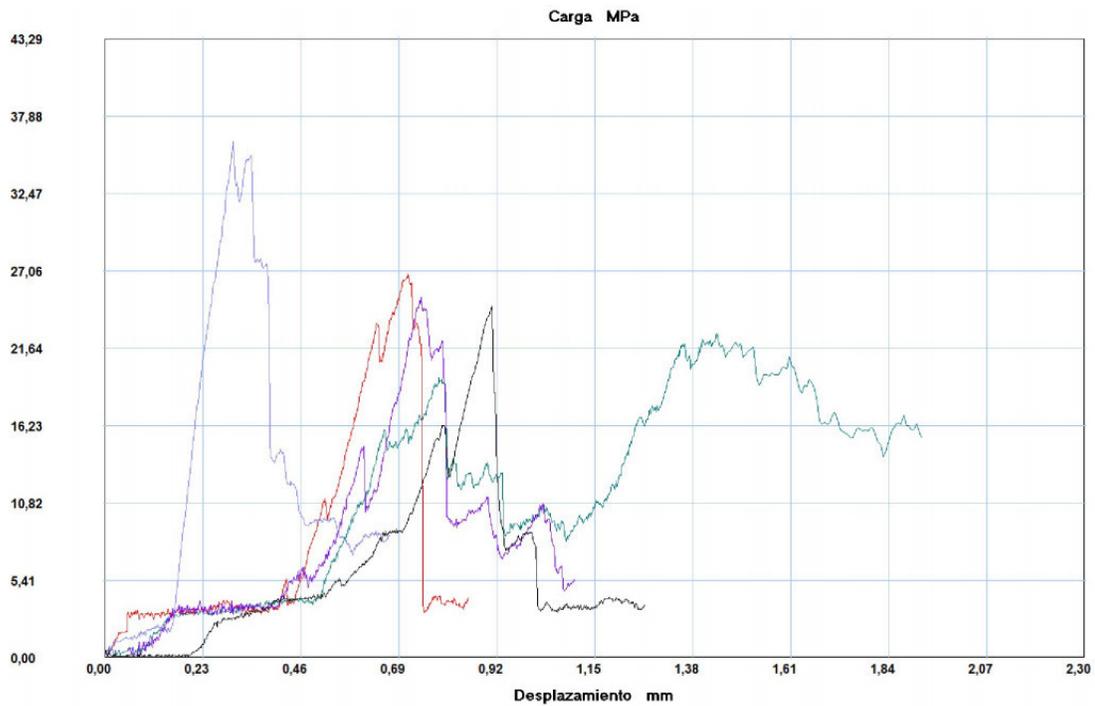
Gráfico Nro. 4. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 2 AL).



Fuente: Informe ECP 04 ensayo compresión

Análisis: Respecto al ensayo de compresión con el material 2 la resistencia de la compresión de 5 probetas se determinó a partir de la preparación dada por aumento de líquido de 2 a 4 gotas de líquido con 7,2 gr o 2 cucharadas dosificadoras enrasadas de polvo, mostrando una media de 36,903 Mpa de fuerza compresiva, los valores de desplazamiento se mostrarán entre 0 y 1,24 mm; cabe señalar que los valores de fuerza fueron más consistentes en la mayoría de la muestras considerando que llegaron a obtener un valor aproximado de fuerza de compresión entre ellas.

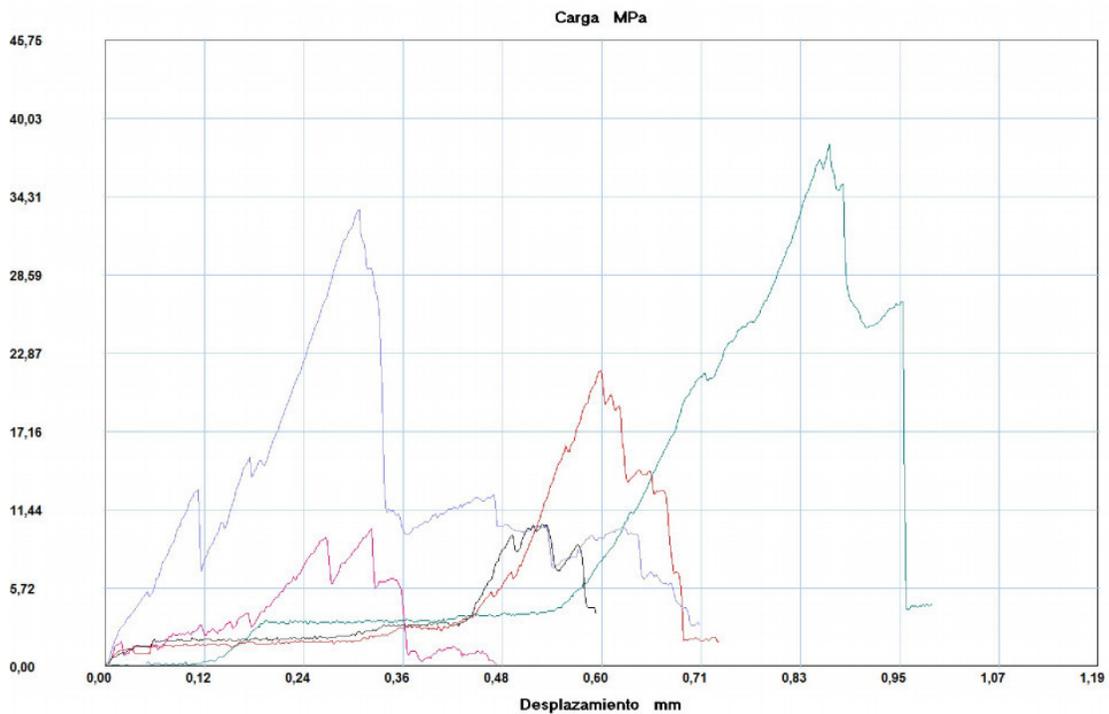
Gráfico Nro. 5. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 3 PF).



Fuente: Informe ECP 05 ensayo compresión

Análisis: Las prueba de compresión con el material 3 mostró la resistencia de 5 probetas cuyo factor de preparación estaba dado por lo que indica el fabricante del ionómero, mostrando una media de 27,089 Mpa de fuerza antes que el material se destruya, las muestras en probeta tuvieron diferentes valores en el desplazamiento (mm) el mismo que va desde 0 hasta 1,90 mm aproximadamente; se pudo notar que en las muestras de este material existió una variación de dos de las cinco probetas que tuvieron un pico aproximado de resistencia de 27,06, en el caso de las demás se notó un valor alto y otro por encima de los 21,64 pero que su desplazamiento fue más extenso.

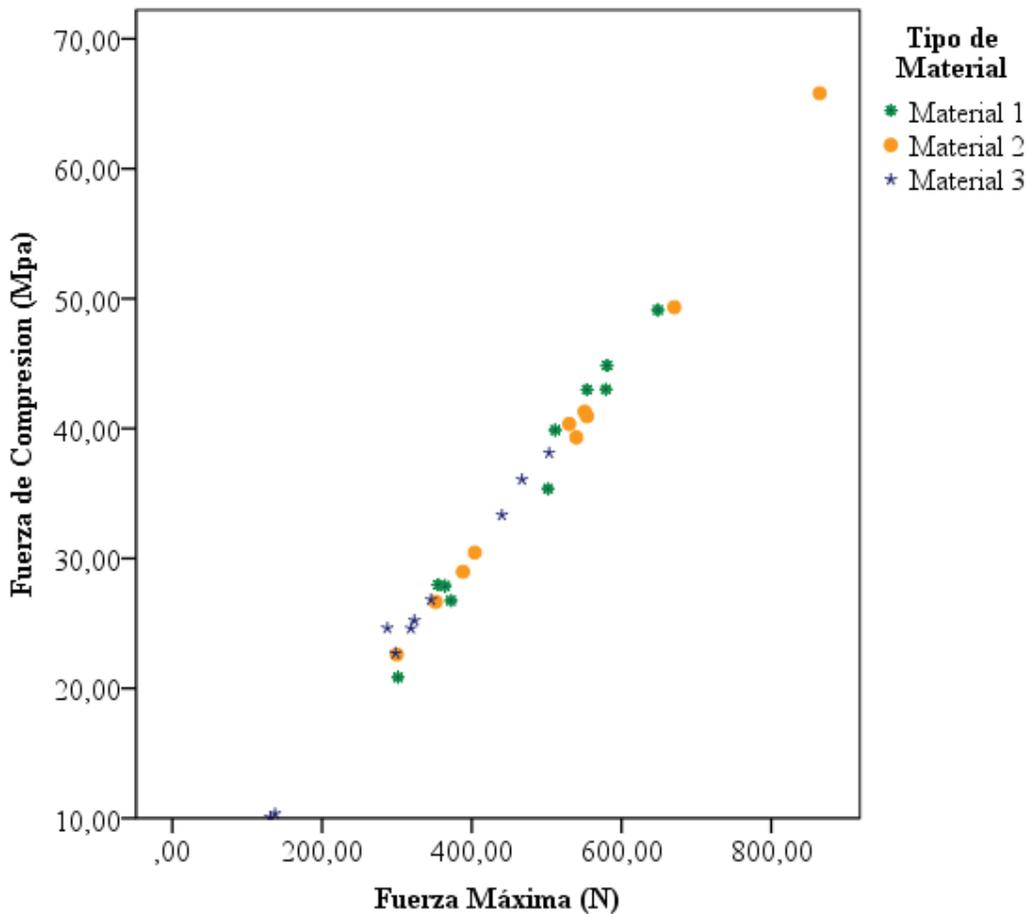
Gráfico Nro. 6. Desplazamiento por fuerza de compresión (Material 3 AL).



Fuente: Informe ECP 06 ensayo compresión

Análisis: En el ensayo de compresión con el material 3 respecto a sus 5 muestras el factor de preparación estaba dado por aumento de 2 a 4 gotas de líquido con 9,4 gr o 2 cucharadas dosificadoras enrasadas de polvo, mostrando una media de 22,705 Mpa de fuerza en este caso el que menos resistencia mostró a las fuerzas compresivas, las muestras en probeta tienen diferentes valores en el desplazamiento (mm) el mismo que va desde 0 hasta cerca de 1 mm aproximadamente, en este caso se pudo señalar que existió un desplazamiento menor en relación a los otros materiales.

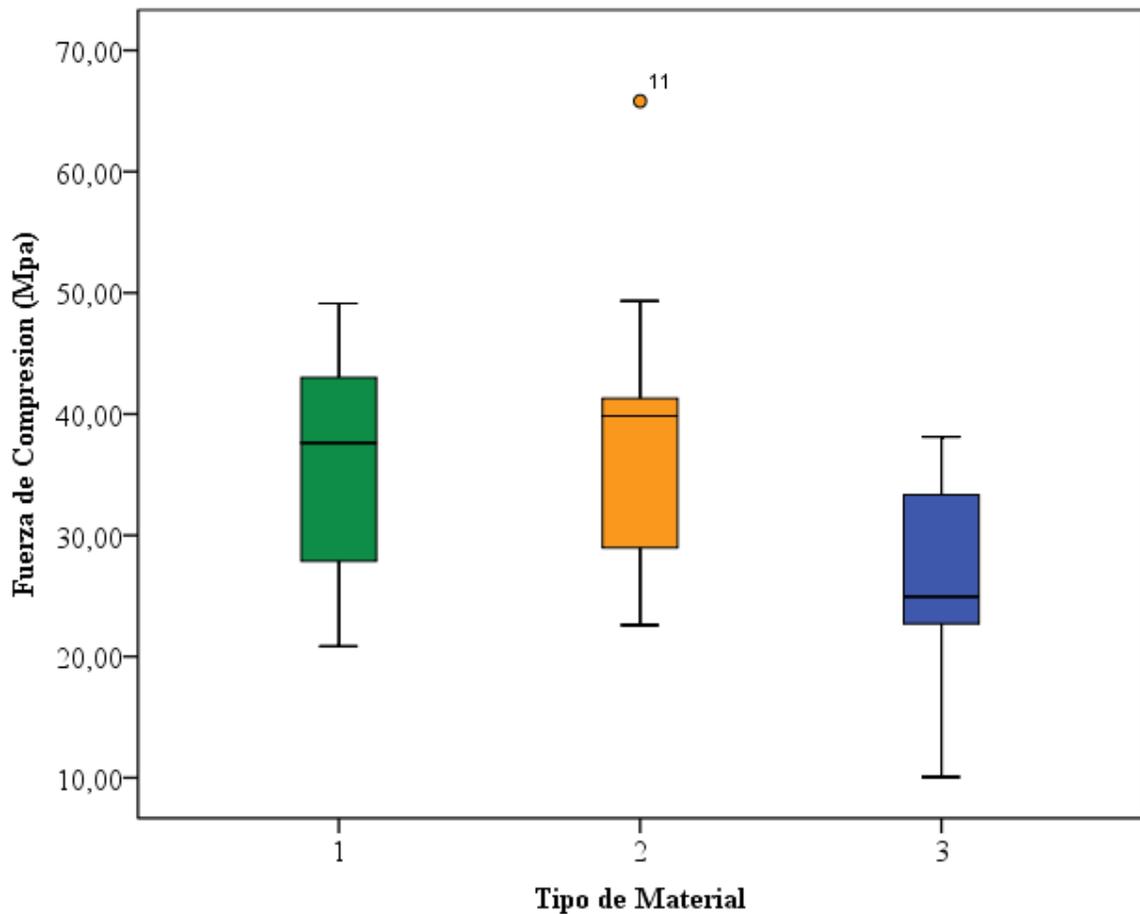
Gráfico Nro. 7. Relación compresión y fuerza máxima.



Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Análisis: En el diagrama de dispersión de puntos se pudo señalar la diferencia marcada entre los grupos de prueba de los 3 materiales de ionómero de vidrio, donde se muestra mayor dispersión del material 3 además de ser el material que menor resistencia a las fuerzas compresivas mostró, además una separación entre los datos del mismo material esto debido a que la preparación mediante el aumento de líquido estableció una menor aplicación tanto en la fuerza máxima como en la fuerza de compresión; el material 1 y 2 demostraron más consistencia con una varianza menor en las pruebas; cabe señalar que el material 2 presentó valores atípicos.

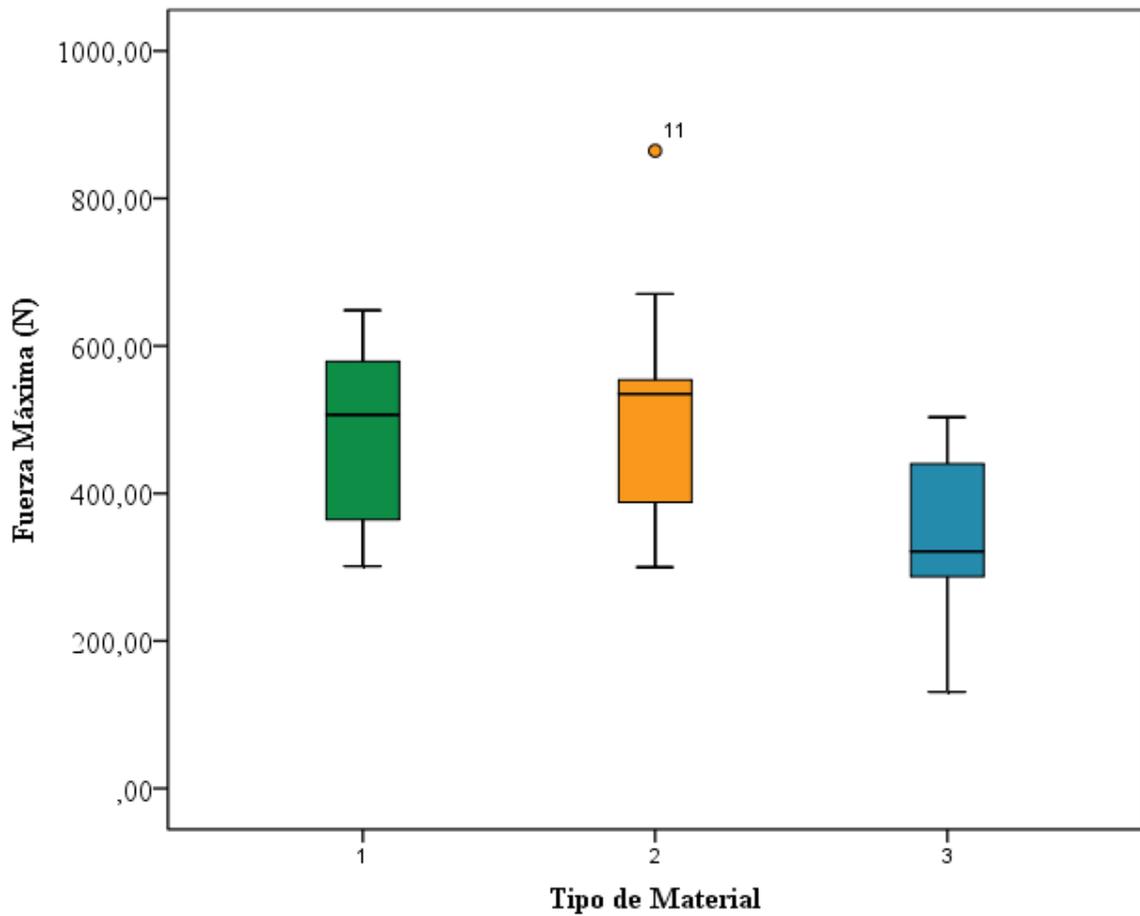
Gráfico Nro. 8. Pruebas de compresión por tipo de material



Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Análisis: Como se mostró en los valores por fuerza de compresión la mediana en el material 3 además de su distribución estuvo por debajo de los 2 tipos de material denotando en las pruebas el que menor resistencia generó en el caso del material 1 y 2 los valores generados son muy próximos aunque el material 1 tuvo una distribución de datos más consistente, en el caso del material 2 se logró identificar el caso número 1 con un valor atípico por encima de los 60 Mpa; fue evidente que el material 2 ofreció entre los valores de la mediana más alto respecto a la fuerza compresiva en relación a sus competidores.

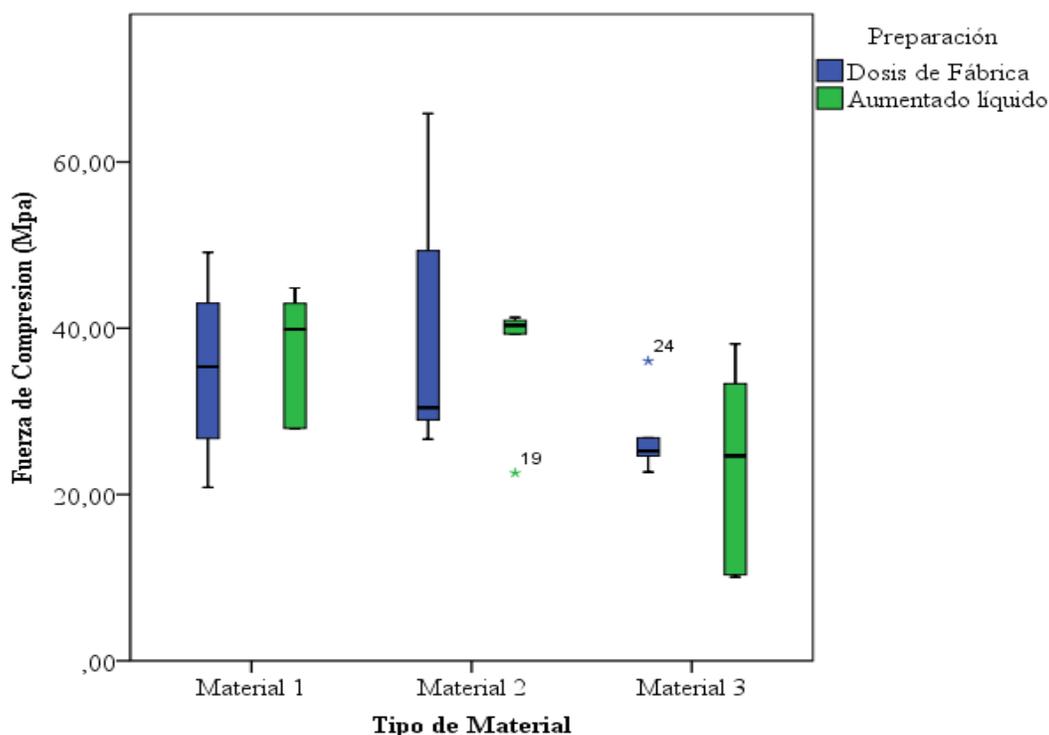
Gráfico Nro. 9. Máxima Fuerza alcanzada por Material



Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Análisis: En el diagrama de caja se pudo indicar que al igual que el Gráfico Nro. 8 los valores de fuerza máxima tuvieron diferencias marcadas como en el caso del material 3, los materiales 1 y 2 son los que mejor se comportaron a las fuerzas máximas aplicadas, adicionalmente el mayor valor registrado en la mediana concernió al material 2, donde la fuerza de mayor valor la tuvo la unidad experimental 11 con un valor fuera del rango normal de la caja.

Gráfico Nro. 10. Comparaciones materiales y tipo preparación



Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Tabla Nro. 1. Estadísticos descriptivos

Fuerza Compresión (Mpa)					
Material	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Material 1	20,85	49,12	35,86	9,48	26%
Material 2	22,60	65,81	38,57	12,61	33%
Material 3	10,70	38,12	25,19	9,49	38%
Fuerza Máxima (N)					
Material	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Material 1	301,36	648,48	476,81	119,06	25%
Material 2	229,78	864,64	515,31	167,14	32%
Material 3	130,96	503,32	325,17	125,06	38%

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Análisis: Las medidas a partir de las fuerzas de compresión así como la fuerza máxima guardan una relación directa, por ello los valores en sus coeficiente de variación (CV) nos pudo indicar que tanto variaron los resultados, de lo que se pudo apreciar que en los materiales el CV tuvieron la misma relación en el caso de la fuerza y compresión; los valores a partir de la media determinaron un mejor comportamiento en los valores de resistencia y

fuerza del material 2 y de menor valor en el material 3. Respecto a la preparación la dosis de fábrica (Gráfico Nro. 10) mostró mejor comportamiento en el material 1 y 2 a pesar que en el material 2 la variación fue más alta, el material 3 mostró menor resistencia pero fue más compacto respecto a las medidas tomadas, aunque en la preparación con agregado de líquido se pudo apreciar una variabilidad más alta que en los otros grupos.

7.1 Contraste de hipótesis.

Tabla Nro. 2. Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Fuerza de Compresión (Mpa)	0,964	30	0,391

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Al tener menos de 50 unidades experimentales de análisis la prueba de normalidad escogida es el modelo de Shapiro-Wilk, que con un valor de significancia $p=0,391$ mayor a 0,05 que determinó que los datos tuvieron una distribución Normal, en función de esto se pudo proceder al análisis de las siguientes hipótesis:

Caso 1

H_0 = No existió diferencias significativas en los valores promedio de las fuerzas de compresión respecto a los modos de preparación de los materiales de ionómeros de vidrio.

H_1 = Existió diferencias significativas en los valores promedio de las fuerzas de compresión respecto a los modos de preparación de los materiales de ionómeros de vidrio

Tabla Nro. 3. Prueba de muestras independientes.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza de Compresión (Mpa)	Se asumen varianzas iguales	,041	0,841	,414	28	0,682	1,81133	4,37831	-7,15723	10,77990
	No se asumen varianzas iguales			,414	27,693	0,682	1,81133	4,37831	-7,16171	10,78438

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

La significación estadística de la prueba de Levene ($p=0,841$) para igualdad de varianzas y la prueba de t para igualdad de medias respecto al modo de preparación de los ionómeros (Aumentado líquido y según las indicaciones de fábrica) indicó que el valor es $p>0,05$ por lo que se aceptó H_0 para igualdad de varianzas y se pudo indicar que las varianzas son iguales por lo que elige la p superior en la prueba T para igualdad de medias, con ello podemos concluir que existieron diferencias entre los valores de la fuerza de compresión de los materiales con aumento de líquido respecto a los materiales preparados con las indicaciones de fábrica ($p=0,682$).

Caso 2

H_0 = No existen diferencias significativas entre los valores de las fuerzas de compresión respecto al tipo de materiales de ionómeros de vidrio.

H_i = Existen diferencias significativas entre los valores de las fuerzas de compresión respecto al tipo de materiales de ionómeros de vidrio.

Para el contraste de hipótesis para comparar tres grupos respecto al valor de las fuerzas de compresión se realizó la prueba ANOVA de un factor, una vez que se ha probado que la distribución de datos es Normal ($p=0,391$).

Tabla Nro. 4. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,355	2	27	0,705

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.

Realizado por: Marco Sibambe

La tabla de prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene determinó que si la significancia en $p>=0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0 =Las varianzas son homogéneas), por lo que se afirmó que las varianzas son homogéneas y nos permite seguir con el análisis de la prueba ANOVA.

Tabla Nro. 5. ANOVA

Fuerza de Compresión (Mpa)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1000,509	2	500,255	4,429	0,022
Dentro de grupos	3049,715	27	112,952		
Total	4050,224	29			

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.

Realizado por: Marco Sibambe

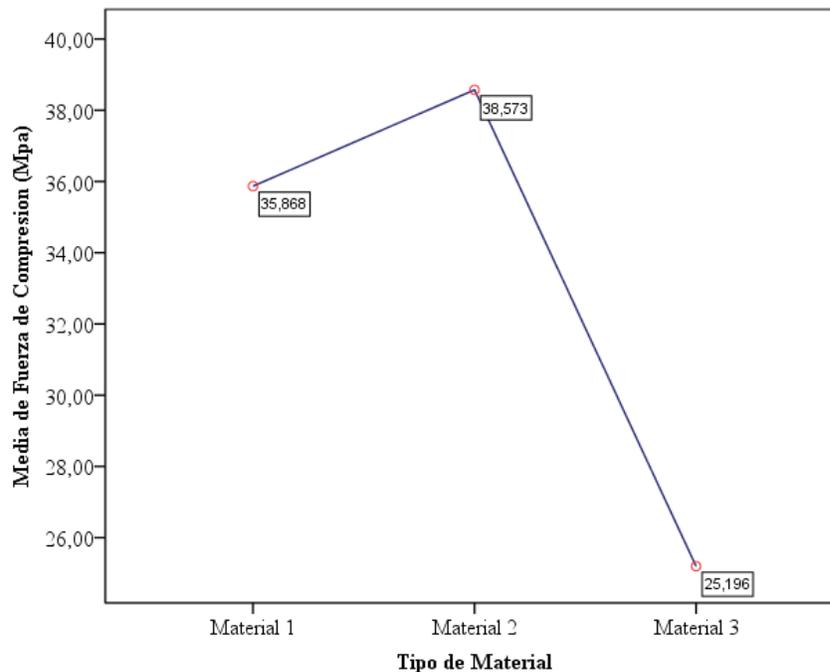
En el caso de la tabla ANOVA si $p < 0,05$ pudimos rechazar H_0 (No existen diferencias significativas entre los valores de las fuerzas de compresión respecto al tipo de materiales de ionómeros de vidrio) y decir que al menos un grupo es diferente. En este caso el valor de significación fue menor a 0,05 (0,022) por lo que se puede afirmar que existió diferencias significativas entre los valores de resistencia a las fuerzas de compresión o al menos uno de ellos es diferente.

Tabla Nro. 6. Comparaciones múltiples

(I) Tipo de Material		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Material 1	Material 2	-2,70500	4,75294	1,000	-14,8367	9,4267
	Material 3	10,67200	4,75294	,099	-1,4597	22,8037
Material 2	Material 1	2,70500	4,75294	1,000	-9,4267	14,8367
	Material 3	13,37700*	4,75294	,027	1,2453	25,5087
Material 3	Material 1	-10,67200	4,75294	,099	-22,8037	1,4597
	Material 2	-13,37700*	4,75294	,027	-25,5087	-1,2453

Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

Gráfico Nro. 11. Medias de fuerzas de compresión.



Fuente: Informe valores de prueba procesado en SPSS v.25.
Realizado por: Marco Sibambe

La tabla de comparaciones múltiples con la corrección de Borrefoni indicó que el material 3 tienen niveles de medidas de compresión promedio significativamente inferiores al resto de materiales y que el material 2 tuvo un promedio de medidas de compresión significativamente superior a los otros materiales.

8. DISCUSIÓN

El estudio con ionómeros reforzados expuesto a saliva artificial realizado por Diana Guagua Montaña⁽⁷⁾ menciona que dicha exposición durante 3 semanas genera una ligera disminución en la resistencia a la compresión de los diferentes ionómeros de vidrio, en razón de que existen diferencias en el valor de sus medidas promedio en relación a la resistencia compresiva, demuestran diferencias significativas entre el tipo de producto y el tiempo de exposición a saliva artificial ($p=0,004$). Respecto al presente estudio la exposición en saliva artificial tiene una duración de 504 horas antes de las pruebas de compresión, como resultado se encuentra que existe diferencias significativas entre los valores de las fuerzas de compresión respecto al tipo de materiales de ionómeros de vidrio que es expuesto en el tiempo antes mencionado, para verificar su resistencia a las fuerzas compresivas ($p=0,022$); por lo que estas diferencias entre materiales coinciden en ambos estudios y debido al tiempo de exposición en saliva artificial los distintos ionómeros muestran mayor y menor resistencia entre uno y otros de forma significativa.

Según Hernández Gonzáles y colaboradores ⁽³⁾ al realizar su estudio de resistencia compresiva de ionómeros expuestos a diferentes tiempos en saliva artificial, por el lapso máximo de 504 horas, a una temperatura de 37 °C y en una estufa de incubación obtiene como resultado que el Ionofil Molar de la casa comercial VOCO presenta una disminución significativa de $p=0,011$ en su resistencia a la compresión con un valor máximo de 44,15 Mpa existiendo una desviación estándar de 12,76, después de ser expuesto a saliva artificial; estos resultados se obtienen debido a los cambios que se producen en los ionómeros al ser sometidos a medios acuosos. El estudio actual se realizó bajo las mismas condiciones de tiempo de exposición en saliva artificial, con ionómeros convencionales de autocurado y a una temperatura de incubación de 36°C antes de ser expuestos a las diferentes fuerzas de compresión, obteniendo como resultados que el ionómero Ionofil Plus de la misma casa comercial presenta baja resistencia a la compresión con un valor máximo de 36,07 Mpa y una desviación estándar de 9,49; esto indica una evidente disminución en la resistencia a la compresión del ionómero de la misma casa comercial al ser expuestos en medios acuosos por el lapso de 504 horas, destacando que el valor de resistencia máxima alcanzada y de la desviación estándar es menor en el caso de las pruebas de la presente investigación.

Al realizar el estudio de compresión de dos ionómeros de vidrio convencionales los cuales fueron Ketac Molar Easymix e Ionofil Molar que se realiza por Núñez Fernández Randy ⁽²⁵⁾ se demuestra que el primer ionómero obtiene una resistencia media a las fuerzas de

compresión de 41,11 Mpa y un coeficiente de variación de 30,10% mientras que el segundo ionómero, presenta una resistencia media de 30,78 Mpa y un coeficiente de variación de 38,91%, cabe señalar que estos resultados son obtenidos después de su fraguado con una espera de 24 horas antes de ser sometidos a las pruebas de compresión y sin ser expuestos a ningún ambiente simulado. En el presente estudio se realizó pruebas con el ionómero Ketac Molar Easymix, con una resistencia media a las fuerzas de compresión de 35,86 Mpa y un coeficiente de variación del 26% , en el ionómero Ionofil Plus se obtiene el resultado de una resistencia media de 25,19 Mpa y un coeficiente de variación del 38% el cual es aproximadamente similar al estudio mencionado, tomando en cuenta que estos resultados son después de 504 horas expuestas a saliva artificial e incubación a 36 °C se verifica una variación en el comportamiento de su resistencia; se puede determinar que el ambiente al cual es expuesto cada tipo de ionómero influye en su resistencia a las diferentes fuerzas de compresión, sin embargo el contraste de valores de las dos investigaciones son muy aproximadas en los resultados obtenidos.

El estudio de Piero Martín Mori ⁽²⁶⁾ el cual consiste en identificar la diferencia en la resistencia de dos ionómeros de vidrio convencionales a las fuerzas de compresión, se lo realiza siguiendo la norma ISO 9917-1 tanto en sus dimensiones para la fabricación de las muestras o probetas, en la fabricación de la estructura preformada con el material indicado y en la preparación de cada ionómero siguiendo las indicaciones del fabricante, obtiene como resultado que el ionómero Ketac Molar Easymix tiene una media de 560,99 N de resistencia a la compresión con una desviación estándar de 137,33 sin ser sometido a ningún tipo de ambiente simulado. Mientras que en este estudio se usó la misma norma ISO antes referida, con la variación de que las muestras son sometidas a un ambiente simulado, se obtuvo un resultado con el mismo tipo de ionómero con una media de 476,81 Newton y una desviación estándar de 119,06; al verificar el valor de la resistencia es evidente constatar que existe mayor resistencia en los materiales que no son expuestos a saliva artificial.

La investigación de Rodríguez Díaz Alejandra ⁽⁸⁾ donde estudia la resistencia a la compresión de tres ionómeros de vidrio de restauración de autocurado entre los cuales enfatizamos los resultados obtenidos por el ionómero Fuji IX que como resultado tiene un valor atípico leve de 52,98 Mpa siguiendo las indicaciones para la preparación del ionómero que recomienda el fabricante, obteniendo una resistencia media de 43,57 Mpa y un valor en las comparaciones múltiples de $p=0,007$, en este estudio el mismo ionómero de vidrio también presentó un valor atípico de 65,81 Mpa y con una resistencia media de 38,57 Mpa además

de un valor en la comparación múltiple de $p=0,027$; destacando que en las dos investigaciones este tipo de ionómero presenta valores atípicos en sus resultados, se puede indicar que su variación en la resistencia le cataloga como un material algo inestable en las características de resistencia a las pruebas compresivas.

9. CONCLUSIONES

- Se establece que al realizar las preparaciones de ionómeros de vidrio aumentando su dosificación líquida, produce mayor resistencia en el ionómero de vidrio Fuji IX y Ketac™ Molar Easymix mientras que el ionómero de vidrio Ionofil Plus es más resistente con la dosificación sugerida por el fabricante. Al preparar los mismos materiales siguiendo las indicaciones del fabricante el ionómero de vidrio Fuji IX es más resistente y presenta un dato anómalo seguido del ionómero de vidrio Ketac™ Molar Easymix que es más estable y el Ionofil Plus sigue siendo el menos resistente.
- Se comprueba que el ambiente simulado si influye en la resistencia de los diferentes tipos de ionómero convencionales ante fuerzas de compresión, y que cada uno de los materiales es significativamente diferente en su valor de resistencia.
- Mediante las diferentes fuerzas de compresión se determina que el ionómero más resistente es el ionómero de vidrio Fuji IX, con un valor de su media de 38,57 Mpa y una resistencia máxima de 65,81 Mpa.
- Se establece que el ionómero de vidrio más resistente a las diferentes fuerzas de compresión y bajo un ambiente simulado de saliva artificial por 504 horas a una temperatura de 36°C es el ionómero Fuji IX seguido del material Ketac™ Molar Easymix y finalmente el Ionofil Plus

10. Recomendaciones

- Los ambientes de simulación pueden ser muy determinantes para escoger adecuadamente el tipo de material restaurativo de mayor resistencia, por lo que se recomienda para trabajos futuros considerar pruebas de resistencia con diferentes ambientes simulados y diferentes tipos de materiales.
- En el procedimiento de pruebas de compresión se recomienda considerar la utilización de ionómeros con dosificación encapsulada como apoyo a la preparación de estos para evitar problemas de dosificación que pueden afectar la estructura y su resistencia.
- En las especificaciones de fábrica se determina un valor de resistencia en condiciones ideales de laboratorio, por lo que es importante considerar que dichas medidas no son reales en el proceso de la práctica odontológica aun conociendo que la estructura de estas sufre debilitamiento y por ende su capacidad de resistencia será menor.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. De T, Suárez P, Milagros CDL, Alguacil G, Espinosa MU. Ionómero de vidrio : el cemento dental de este siglo Glass ionomer : the dental cement of this century. Rev Electrónica Dr Zoilo E Mar Vidaurreta. 2016;41(7).
2. Alejandra D, Mata H. Comparación de la resistencia compresiva entre diferentes tipos de ionómeros de vidrio. Odovtos - Int J Dent Sci. 2012;(14):55-8.
3. R HG, R MC, M VC, F GF. Resistencia compresiva vidrio ionómero Ionofil Molar ® y Vitremer ® según tiempo de exposición en saliva artificial Compressive strength of glass ionomer Ionofil Molar ® and Vitremer ® according to exposure time in artificial saliva. Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehabil Oral [Internet]. 2013;6:75-7. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072013000200005
4. Davidson CL. Avances en cementos de ionómero de vidrio. J Minim Interv Dent [Internet]. 2009;2(1):171-83. Disponible en: <http://www.miseeq.com/s-2-1-2.pdf>
5. Jm B, A DC. Comparación de la dureza superficial de diferentes tipos de materiales restauradores en premolares birradiculares , un estudio in vitro. Av en odontostomatología. 2015;31:355-61.
6. Compuesta DER, Alexander D, Montes A. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE DIFERENTES TIPOS DE RESINA COMPUESTA. Rev Colomb Investig en Odontol. 2011;1(3):51-8.
7. Guagua Montaña Diana. ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE DOS IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA PARA RESTAURACIÓN EN CILINDROS FOTOPOLIMERIZADOS CONSIDERANDO EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN A SALIVA ARTIFICIAL. [Internet]. Central del Ecuador; 2014. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3765/1/T-UCE-0015-125.pdf>
8. Dra T, Cabrera A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TRES TIPOS DE IONÓMERO DE RESTAURACIÓN DE AUTOCURADO DE USO ODONTOPEDIÁTRICO. [Internet]. Central del ecuador; 2018. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15430/1/T-UCE-0015-931->

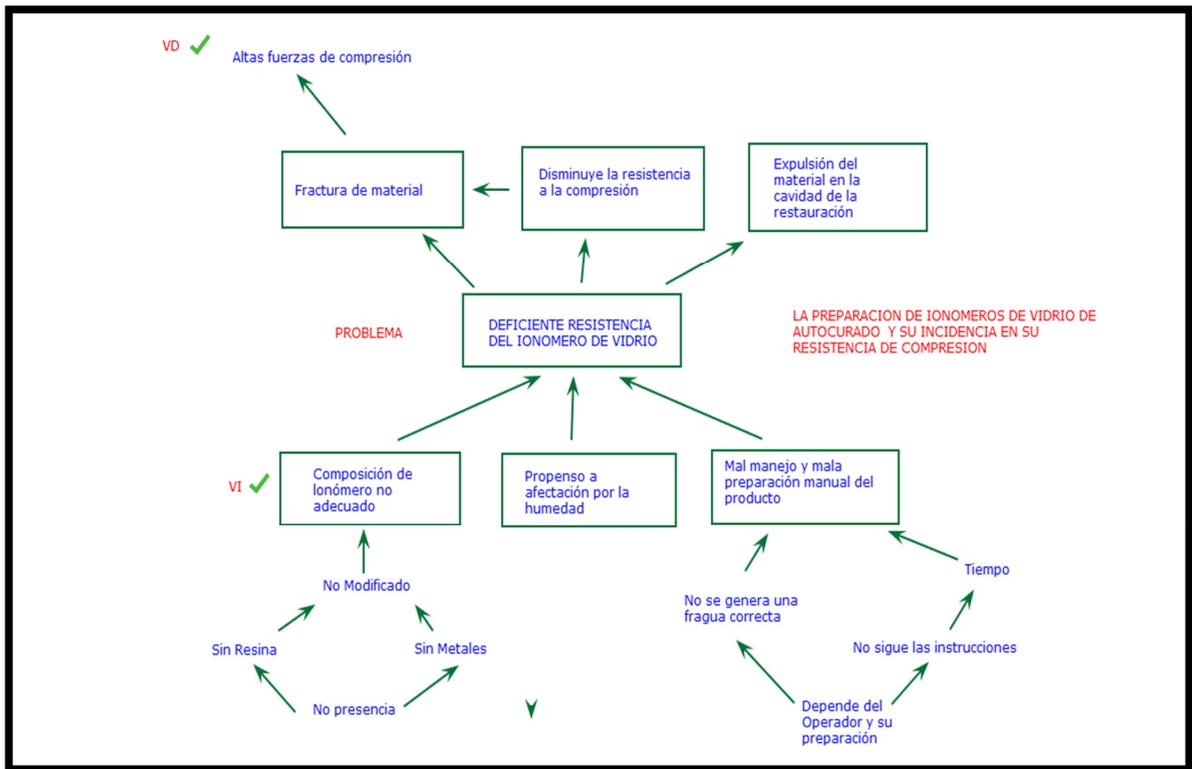
2018.pdf

9. Lerech SB. Resistencia a la compresión del ionómero de vidrio y de la resina compuesta. Estudio in vitro. Rev Odontológica Mex [Internet]. 2017;21:109-13. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rom/v21n2/1870-199X-rom-21-02-00109.pdf>
10. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. Dent Mater [Internet]. 2013;30(1):50-61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.08.202>
11. Khoroushi1 M, Fateme Keshani2. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. Dent Res J (Isfahan). 2013;10(4):411-20.
12. Maestro CV, Fija B, Ju C. Ionómero de Vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sandwich . Rev la Asoc Dent Mex. 2011;68(1):39-47.
13. Verón MG, Suárez SG, Prado MO. Estudio de los cambios de la composición química de un ionómero vítreo mediante la técnica de PIXE. Rev Mater. 2018;23(2):1-17.
14. Manuel F, Mederos B, Kenia D, Ramos B, Valiente AP, Doris D, et al. Comportamiento de la oclusión dentaria en pacientes operados de cirugía ortognática Behavior of dental occlusion in patients undergoing orthognathic surgery. Rev Médica Electrónica. 2017;2:200-11.
15. Guerrero C MD& GA. Evolución de la Patología Oclusal : Una Revisión. J Oral Res. 2013;2(2):77-85.
16. Miguel J, Parrilla M, Leonora D, Semykina DO. La oclusión dentaria en interacción con la postura corporal Dental occlusion in interaction with the body posture. Rev Cuba Estomatología. 2014;51(1):15-23.
17. Caballero AD, Dunoyer AT, Bustillo JM, Vergara C, Guarín RG, Castellanos JP. Evaluación de la dureza de diversos alimentos Evaluation of the hardness of various foods. Rev Cubana Estomatol. 2018;55(1):34-41.
18. Granada MN, Porras JV. Efecto de las fuerzas oclusales sobre el periodonto

- analizado por elementos finitos. Universidad Javeriana. 2016;85-92.
19. Angélica CDL, Sánchez F. Ionómeros de vidrio restauradores: valoración de acuerdo a la Norma 96 de la ADA. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2010;67(2):72-7.
 20. Wang M, Kong H. Bulk Properties of Biomaterials and Testing Methods. *Encycl Biomed Eng [Internet]*. 2018;1-12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.99861-1>
 21. Egas Jara Jefferson Alexander. «RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VERTICAL DE TRES DISTINTOS MATERIALES RESINOSOS UTILIZADOS PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE MUÑONES». Central del Ecuador; 2018.
 22. Paloma Acurio-Benavente¹ , Giancarlo Falcón-Cabrera² , Leslie Casas-Apayco³ PMC. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. *Odontol Vital.* 2017;69-77.
 23. Real Academia Española [Internet]. [citado 21 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.rae.es/>
 24. Gutiérrez M. Ionómeros : poli (etilen-acrilato de metilo) modificado con sales de sodio , calcio y aluminio. *J Mex Chem Soc.* 1999;43(6):1-8.
 25. NÚÑEZ FERNÁNDEZ RJ. «RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN DE DOS CEMENTOS DE IONÓMERO DE VIDRIO AUTOPOLIMERIZABLES IONOFIL MOLAR Y KETAC™ MOLAR EASYMIX, UCSM AREQUIPA 2014». Santa María; 2014.
 26. PIERO MARTÍN MORI ZUMARÁN. DIFERENCIA EN LA RESISTENCIA A LA FUERZA DE COMPRESIÓN DE IONÓMEROS DE VIDRIO CONVENCIONAL (CIV-GIC) USADOS EN EL PERÚ EVALUADAS IN-VITRO TESIS [Internet]. UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA; 2018. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/3181>

12. ANEXOS

12.1 Árbol de problemas



13. Resultados del Laboratorio



Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
1	060410614620181215-ECP 01-1	24,1	50,1	4,10	6,42	648,48	49,12
2	060410614620181215-ECP 01-2	24,1	50,1	4,21	6,45	372,36	26,75
3	060410614620181215-ECP 01-3	24,1	50,1	4,29	6,44	301,36	20,85
4	060410614620181215-ECP 01-4	24,1	50,1	4,14	6,40	579,05	43,02
5	060410614620181215-ECP 01-5	24,1	50,1	4,25	6,75	501,74	35,37
				Promedio \bar{X}		480,60	35,02
				Desviación estándar S_{n-1}		143,32	11,53
				Coeficiente de variación CV		29,82	32,93

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
6	060410614620181215-ECP 02-1	23,8	52,0	4,04	6,17	511,21	39,88
7	060410614620181215-ECP 02-2	23,8	52,0	4,08	6,16	364,47	27,88
8	060410614620181215-ECP 02-3	23,8	52,0	4,02	6,33	355,01	27,97
9	060410614620181215-ECP 02-4	23,8	52,0	4,05	6,30	553,81	42,99
10	060410614620181215-ECP 02-5	23,8	52,0	4,06	6,11	580,63	44,85
				Promedio \bar{X}		473,03	36,71
				Desviación estándar S_{n-1}		106,39	8,22
				Coeficiente de variación CV		22,49	22,38

Código: RG-RM-004
 Fecha de Elaboración: 11-05-2016
 Fecha de última aprobación: 21-06-2017
 Revisión: 7

INFORME DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MATERIALES
 COMPUESTOS

Página 3 de 5

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
11	060410614620181215-ECP 03-1	24,1	51,3	4,09	6,28	864,64	65,81
12	060410614620181215-ECP 03-2	24,1	51,3	4,11	6,50	403,92	30,45
13	060410614620181215-ECP 03-3	24,1	51,3	4,10	6,29	351,85	26,65
14	060410614620181215-ECP 03-4	24,1	51,3	4,16	6,24	670,57	49,34
15	060410614620181215-ECP 03-5	24,1	51,3	4,13	6,29	388,14	28,97
				Promedio \bar{X}		535,82	40,24
				Desviación estándar S_{n-1}		223,23	16,91
				Coeficiente de variación CV		41,66	42,03

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
16	060410614620181215-ECP 04-1	20,2	60,3	4,18	6,34	539,61	39,32
17	060410614620181215-ECP 04-2	20,2	60,3	4,15	6,09	553,81	40,94
18	060410614620181215-ECP 04-3	20,2	60,3	4,09	6,24	530,14	40,35
19	060410614620181215-ECP 04-4	20,2	60,3	4,11	6,22	299,78	22,60
20	060410614620181215-ECP 04-5	20,2	60,3	4,12	6,19	550,65	41,30
				Promedio \bar{X}		494,80	36,90
				Desviación estándar S_{n-1}		109,42	8,03
				Coeficiente de variación CV		22,11	21,77

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
21	060410614620181215-ECP 05-1	22,3	57,1	4,05	6,47	345,54	26,82
22	060410614620181215-ECP 05-2	22,3	57,1	4,09	6,49	298,20	22,70
23	060410614620181215-ECP 05-3	22,3	57,1	4,04	6,53	323,45	25,23
24	060410614620181215-ECP 05-4	22,3	57,1	4,06	6,30	467,03	36,07
25	060410614620181215-ECP 05-5	22,3	57,1	4,06	6,03	318,72	24,62
				Promedio \bar{X}		350,59	27,09
				Desviación estándar S_{N-1}		67,23	5,24
				Coeficiente de variación CV		19,18	19,33

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)
				Diámetro	Longitud		
26	060410614620181215-ECP 06-1	22,1	56,8	4,11	6,35	287,16	21,64
27	060410614620181215-ECP 06-2	22,1	56,8	4,10	6,34	503,32	38,12
28	060410614620181215-ECP 06-3	22,1	56,8	4,10	6,53	440,21	33,34
29	060410614620181215-ECP 06-4	22,1	56,8	4,07	6,81	130,96	10,07
30	060410614620181215-ECP 06-5	22,1	56,8	4,11	6,41	137,27	10,35
				Promedio \bar{X}		299,78	22,70
				Desviación estándar S_{N-1}		170,45	12,89
				Coeficiente de variación CV		56,86	56,77