



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

TEMA:

**“MICRODUREZA VICKERS DE UN IONOMERO DE
VIDRIO HIBRIDO FRENTE A LA ACCIÓN DE GELES
FLUORADOS”**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Odontóloga

Autor: Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo

Tutora: Dra. María Gabriela Benítez Pérez

Riobamba – Ecuador

2021

PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación: “MICRODUREZA VICKERS DE UN IONÓMERO DE VIDRIO HIBRIDO FRENTE A LA ACCION DE GELES FLUORADOS”, presentado por la **Srta. Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo** y dirigida por la **Dra. María Gabriela Benítez Pérez**, una vez revisado el proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del informe del proyecto de investigación.

Por lo expuesto:

Firma:

Dra. María Gabriela Benítez

Tutora

Firma

Dra. Dolores Aracely Cedeño

Miembro del Tribunal

Firma

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña

Miembro del Tribunal

Firma

CERTIFICADO DEL TUTOR

La suscrita docente-tutora de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Dra. María Gabriela Benítez Pérez CERTIFICA, que la señorita Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo con C.I: 1723839864, se encuentra apto para la presentación del proyecto de investigación: “Microdureza Vickers de un Ionómero de Vidrio Híbrido Frente a la Acción de Geles Fluorados” y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, el 18 de noviembre en la ciudad de Riobamba del año 2021.

Atentamente,



.....
Dra. María Gabriela Benítez Pérez

DOCENTE – TUTORA DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA

AUTORÍA

Yo, Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo, portadora de la cédula de ciudadanía número 1723839864, por medio del presente documento certifico que el contenido de este proyecto de investigación es de mi autoría, por lo que eximo expresamente a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus representantes jurídicos de posibles acciones legales por el contenido de esta. De igual manera, autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo para que realice la digitalización y difusión pública de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



.....
Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo

C.I. 1723839864

ESTUDIANTE UNACH ESTUDIANTE UNACH

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios porque de Él es la voluntad y el control de mi vida, siendo misericordioso conmigo, permitiéndome alcanzar este objetivo y dándome la fortaleza para seguir avanzando en este arduo camino, a mi querida alma máter Universidad Nacional de Chimborazo por edificar mis conocimientos y desarrollarme como una profesional en lo que tanto me apasiona, agradezco a cada docente por el amor y la paciencia con la que fui instruida, brindándome oportunidades incomparables. Me siento totalmente gratificada en especial por mi tutora la Dra. Gabriela Benítez, quien, me brindó todo su apoyo desde el primer día, compartiendo su conocimiento y experiencia para la realización de esta investigación. A mis mejores amigos que conocí en el transcurso de estos 5 años, por quienes siento infinita admiración y respeto ya que fueron parte de mi formación profesional y estuvieron en mis momentos más vulnerables.

Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación se lo dedico a Dios, quien es el motor y fortaleza para realizar todo lo que me propongo, porque siempre ha cuidado de mí y de mi familia, sobreabundando de bendiciones mi hogar, mi eterno refugio siempre tu Padre Celestial.

Agradezco infinitamente a mis amados padres Teresa y Orlando quienes siempre me alentaron a cumplir mis sueños, junto con su educación y valores inculcaron lo mejor de mí, ellos fueron quienes sacrificaron su vida por verme triunfar, no hay palabras que puedan describir lo dichosa que me siento de ser su hija, los amo tanto papitos. A cada uno de mis hermanos, Manuel, Jeaneth, Magus, Daniel, Christian y en especial a mi amada muñeca azul, quienes fueron mi soporte cuando estuve vulnerable, siempre creyeron en mí aun incluso cuando estuve a punto de claudicar. A mi abuelita Fanny, quien, con su infinito amor y sabios consejos ayudaron a que mis decisiones sean acertadas. A mis mejores amigos y compañeros de Universidad, Steven, Mayra, Taly y Darwin por su interés e inmenso cariño, por darme aliento y acompañarme en mis locuras. Y por último a mi persona favorita quien ha llegado en el momento correcto de mi vida y me impulsa siempre a dar lo mejor y a no darme por vencida, ¡te quiero!

Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVO GENERAL.....	6
5. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1. Tratamiento preventivo de caries dental con fluoruros.....	7
5.2. Flúor.....	7
5.2.1. Historia.....	8
5.2.2. Metabolismo del Flúor.....	9
5.2.3. Mecanismo de acción del flúor.....	10
5.2.4. Administración de los fluoruros.....	11
5.2.4.1. Métodos comunitarios de uso de flúor.....	11
5.2.4.2. Métodos individuales de uso de flúor.....	12
5.2.4.3. Métodos profesionales de uso de flúor.....	12
5.2.5. Toxicidad del flúor.....	13
5.2.6. Fluorofosfato acidulado al 1.23%.....	13
5.2.6.1. Indicaciones.....	14
5.2.6.2. Contraindicaciones.....	14
5.2.6.3. Técnica de aplicación.....	14
5.2.7. Flúor Neutro.....	15
5.2.7.1. Indicaciones.....	15
5.2.7.2. Contraindicaciones.....	15
5.2.7.3. Técnica de aplicación.....	16
5.3. Ionómero de vidrio.....	16
5.3.1. Composición.....	17
5.3.1.1. Polvo.....	17
5.3.1.2. Líquido.....	17

5.3.1.3. Fraguado	17
5.3.2. Propiedades.....	18
5.3.2.1. Fuerza compresiva.....	18
5.3.2.2. Resistencia a la tracción	18
5.3.2.3. Fuerza flexible	18
5.3.2.4. Absorción / liberación de agua	18
5.3.2.5. Resistencia al desgaste.....	18
5.3.2.6. Liberación / acumulación de fluoruro	19
5.3.2.7. Adhesión.....	19
5.3.2.8. Rugosidad de la superficie.....	19
5.3.2.9. Biocompatibilidad	19
5.3.2.10. Poder cariostático	20
5.3.2.11. Longevidad	20
5.3.3. Indicaciones	20
5.3.4. Contraindicaciones	21
5.3.5. Clasificación	21
5.3.5.1. Según el uso del ionómero.....	21
5.3.5.2. Clasificación internacional	21
5.3.5.2.1. Familia 1: CVI convencionales	21
5.3.5.2.2. Familia 2: CVIH (cementos híbridos de ionómero de vidrio) o CVIMAR (modificado por adición de resina).....	22
5.3.6. Ionómero de vidrio utilizado en el estudio	22
5.3.6.1. Composición.....	22
5.3.6.2. Ventajas	23
5.3.6.3. Indicaciones	23
5.4. Sistema de medición de dureza del ionómero de vidrio.....	23
6. METODOLOGÍA.....	25

6.1. Diseño de la investigación.....	25
6.2. Muestra de estudio.....	25
6.4. Criterios de selección.....	26
6.4.1. Criterios de inclusión.....	26
6.4.2. Criterios de exclusión.....	26
6.5. Técnica e Instrumentos.....	26
6.6. Análisis Estadístico.....	26
6.7. Intervenciones.....	27
6.6.3. Cuestiones Éticas.....	35
6.8. Operacionalización de las variables.....	35
6.8.1. Variable Dependiente: Microdureza superficial del ionómero de vidrio modificado con resina.....	35
6.8.2. Variable Independiente: Geles de Flúor NaF y FFA.....	35
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
8. DISCUSIÓN.....	43
9. CONCLUSIONES.....	47
10. RECOMENDACIONES.....	48
11. BIBLIOGRAFÍA.....	49
12. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nro. 1. Comparación del Grupo 1 y 2	37
Gráfico Nro. 2. Comparación del Grupo 1 y 3	38
Gráfico Nro. 3. Comparación del Grupo 1, 2 y 3	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1. Estadísticos descriptivos VH muestra Flúor fosfato ácido al 1,23%.	36
Tabla Nro. 2. Estadísticos descriptivos VH muestra Fluoruro de sodio en gel al 2%.....	37
Tabla Nro. 3. Estadísticos descriptivos VH muestra Fluoruro de sodio en gel al 2%.....	39
Tabla Nro. 4. Prueba de normalidad.....	40
Tabla Nro. 5. Prueba H1.....	41
Tabla Nro. 6. Prueba H2.....	41
Tabla Nro. 7. Prueba H3.....	42

RESUMEN

El objetivo del proyecto fue determinar la microdureza de Vickers (HV) de un ionómero de vidrio híbrido al aplicar geles fluorados. El diseño de la investigación fue de tipo observacional, comparativa, descriptiva de tipo transversal. La población de estudio estuvo conformada por 30 discos de ionómero de vidrio híbrido (Vitremmer 3M ESPE), de 4 milímetros de diámetro y 4 milímetros de espesor, basados en la norma ISO 4049, siendo distribuidos en 3 grupos de estudios; Grupo de control: discos de ionómero de vidrio híbrido almacenados en saliva artificial (Saliv By Denture) a 25 °C por 7 días, Grupo 2: discos de ionómero de vidrio híbrido aplicado fluorfosfato acidulado al 1.23% (Maquira) por 4 minutos, Grupo 3: discos de ionómero de vidrio híbrido aplicado por 4 minutos fluoruro de sodio neutro al 2% (Fluofar). Se realizaron mediciones de microdureza a través del microdurómetro de Vickers presentando el grupo control 15.25 HV, el grupo 2 obtuvo 12.25 HV y el grupo 3 obtuvo 13.22 HV mostrando el grupo 2 y 3 una pérdida de sustancia significativa a diferencia del grupo control, siendo el grupo 2 el que mayor disminución de microdureza presenta. Se evidenció diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Shapiro-Wilk entre los valores de HV del grupo de control y las muestras de fluorfosfato acidulado al 1,23% ($p=0,00$) y del fluoruro de sodio neutro al 2% ($p=0,00$), finalmente se observó diferencias entre los valores de HV de fluorfosfato acidulado al 1,23% y el fluoruro de sodio neutro al 2% ($p=0,00$)

Palabras clave: Microdureza de Vickers, Ionómero de vidrio híbrido, Fluorfosfato al 1.23%, Fluoruro de sodio al 2%.

Abstract

The main objective of the project was to determine the Vickers microhardness of a hybrid glass ionomer when applying fluorinated gels. The research design was observational, comparative, descriptive, and cross-sectional. The study population consisted of 30 hybrid glass ionomer discs (Vitremer 3M ESPE), 4 mm in diameter and 4 mm thick, based on the ISO 4049 standard, being distributed in 3 study groups; Control group: hybrid glass ionomer discs stored in artificial saliva (Saliva By Denture) at 25 °C for seven days, Group 2: hybrid glass ionomer discs applied acidified fluorophosphate at 1.23% (Maquira) for 4 minutes, Group 3: hybrid glass ionomer discs applied for 4 minutes 2% neutral sodium fluoride (Fluofar). Microhardness measurements were performed through the Vickers microhardness tester showing the control group 15.25 HV, group 2 obtained 12.25 HV, and group 3 obtained 13.22 HV showing group 2 and 3 a significant loss of substance in contrast to the control group, being group 2 the one with the greatest decrease in microhardness. Statistically significant differences were evidenced in the Shapiro-Wilk test between the HV values of the control group and the samples of acidulated fluorophosphate at 1.23% ($p=0.00$) and neutral sodium fluoride at 2% ($p=0.00$). Finally, differences were observed between the HV values of acidulated fluorophosphate at 1.23% and neutral sodium fluoride at 2% ($p=0.00$).

Keywords: Vickers microhardness, Hybrid glass ionomer, fluorophosphate at 1.23%, sodium fluoride at 2%.



Revisado electrónicamente por:
YESENIA CECILIA
MERINO UQUILLAS

Reviewed by:

Lcda. Yesenia Merino Uquillas

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603819871

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación hace referencia al análisis de la microdureza superficial de un ionómero de vidrio híbrido expuesto al contacto de dos geles fluorados de diferente concentración y composición, tomando en cuenta que la dureza es una resistencia que contrapone a un material a su distorsión; dicha firmeza está determinada por diversos factores tales como su composición, grado de polimerización, manejo del material, entre otras. Siendo dicha propiedad quien permita una mejor retención, manteniendo al biomaterial en el lugar que ha sido colocado y de esta manera resistir el desgaste.⁽¹⁾

La odontología preventiva o de mínima intervención se encuentra en pleno apogeo durante estos últimos años, siendo necesario el conocimiento de métodos que ayuden en este aspecto. Uno de los materiales que continúan en uso son los geles fluorados, utilizados para la remineralización de las piezas dentales y deteniendo el transcurso de lesiones cariosas. Sin embargo, se ha visto la necesidad de utilizar a su vez selladores que reemplacen la estructura del diente que se ha perdido, por lo cual se emplea ionómero de vidrio modificado con resina también llamado ionómero híbrido.⁽²⁾⁽³⁾

El ionómero de vidrio modificado con resina es uno de los materiales que se considera como una buena opción para la restauración de piezas deciduas o definitivas, debido a que cuenta con ventajas como una óptima adhesión físico-química, mayor dureza superficial, biocompatibilidad, aislamiento térmico y la liberación de flúor dando paso a una remineralización del diente.⁽³⁾

Dentro de la práctica diaria no es suficiente manipular estos biomateriales de modo individualizado para su uso preventivo ya que se conoce que la caries es multifactorial, por lo cual, a lo largo de los años la utilización de fluoruros tópicos se considera primordial, al igual que la utilización de materiales restaurativos como el ionómero de vidrio modificado con resina para optimizar el tratamiento.⁽⁴⁾

Existen estudios que han comprobado la alteración de la microdureza superficial del ionómero de vidrio híbrido al aplicar flúor en gel, acrecentando la porosidad de la superficie del material, originando erosión y posteriormente la degradación del mismo. En vista que es uno de los materiales dentales de uso frecuente entre la comunidad odontológica, ha generado su significancia de interés profesional y académico, por lo tanto es indispensable evaluar la interacción de dichos biomateriales para garantizar el éxito de un tratamiento.⁽⁵⁾

La investigación conlleva el estudio de la microdureza de un ionómero de vidrio híbrido modificado con resina (Vitremer 3M) en el cual se aplicó fluorfosfato acidulado en gel al 1.23% (Maquira) y fluoruro de sodio neutro en gel al 2% (fluofar), la estudio estuvo conformado por 30 muestras de 4mm de ancho por 4mm de profundidad en una matriz desmontable las cuales fueron almacenadas en saliva artificial por una semana previa a la prueba y fueron separadas en 3 grupos de trabajo, un grupo de control (grupo1), el grupo 2 al que se le aplicó fluorfosfato acidulado por 4 minutos y grupo 3 al que se le aplicó fluoruro de sodio neutro por 4 minutos, una vez preparado el material se llevó al laboratorio de metalografía, desgaste y falla de la Escuela Politécnica Nacional usando un equipo Durolin-M, marca Metkon con especificación ASTM E384 que permite verificar la microdureza superficial de materiales de modo veloz e independiente, en el que se emplea una carga sobre la superficie del material, a través de una pirámide de diamante en un ángulo de 136 grados, dejando una huella la cual posteriormente se midió su profundidad aplicando una fórmula y así dando el resultado del desgaste.

Este proyecto tiene la intención de experimentar lo propuesto por Triana⁽⁶⁾ en 1994 quien sugiere realizar un estudio que fortalezca con datos exactos los cambios que sufre el ionómero de vidrio modificado con resina (Vitrebond 3M) frente a la exposición de estos fluoruros (Oral-B), y así captar el interés de dicho tema posibilitando a mejoras con opciones con más variables.⁽⁵⁾

Así también en los estudios de Dionysopoulos⁽⁷⁾ se determinó que al aplicar geles fluorados al 1.23% y 2% (Dentsply) se encuentra una pérdida de sustancia significativa causando grietas en el ionómero de vidrio híbrido (Vitremer 3M), concordando con el estudio de Robles⁽⁸⁾ quien en sus muestras después de aplicar el flúor acidulado (Fluofar) y el fluoruro neutro (Fluofar) encontró una hinchazón en su superficie del ionómero de vidrio híbrido (Vitremer 3 M) que produjo desgaste en su microdureza. Sin embargo Veloz⁽⁹⁾ revela en su estudio que la mayor pérdida de sustancia la encontramos al aplicar fluorfosfato acidulado al 1.23% (Fluofar) mientras el fluoruro de sodio neutro al 2% (Fluofar) no presenta mayor cambio en la superficie del ionómero (GC Fuji II LC).

Por ello para los fines de la investigación se determinó la variaciones que existe en la microdureza Vickers de un ionómero de vidrio modificado con resina al ser sometida a la acción de geles fluorados al 1.23% y 2 %, finalmente se comprobó que gel fluorado produjo mayor variación en la microdureza del ionómero de vidrio modificado con resina.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ionómero de vidrio es un material utilizado en diferentes tratamientos odontológicos, pero el mismo puede estar supeditado a diferentes factores que pueden afectar su dureza y de esta manera provocar impases en el paciente, trayendo futuras complicaciones.

Entre los factores que provocan las microfiltraciones de los ionómeros podemos enumerar, una larga exposición térmica, sobrecargas en las fuerzas oclusales, inadecuado manejo del material y su aplicación en cavidades, pero sobre todo la exposición innecesaria de sustancias erosivas como bebidas carbonatas, enjuagues bucales y en este caso el flúor que ha contribuido a la pérdida de rigidez de dicho material, comprometiendo también su tiempo de resistencia en boca.⁽¹⁾

El flúor ha favorecido a una disminución significativa de caries ya que se puede ofrecer a la población en varias presentaciones, siendo la concentración en pastas y la aplicación tópica de geles las más utilizadas.⁽¹⁰⁾ Sin embargo no se puede descartar los inconvenientes que puede producir su uso como es alterar la dureza de los materiales restaurativos. En el estudio de Triana en 1994 se comprobó que el uso de flúor en gel afecta la microdureza superficial de resinas compuestas y ionómeros de vidrio modificados con resinas.⁽⁵⁾

En un estudio realizado por Flores se indica que todos los materiales restaurativos deben cumplir con requisitos para mantener su dureza y que es difícil calcular el tiempo de vida y la resistencia que presentan estos materiales al ser expuestos a diferentes tipos de sustancias como bebidas carbonatadas, geles fluorizantes, químicos blanqueadores entre otros. La respuesta de algunos componentes de estos químicos implica el deterioro de la durabilidad de los biomateriales utilizados para restaurar.⁽¹⁾

La problemática de esta investigación se basa en la pérdida de rigidez de un ionómero de vidrio híbrido que se emplean para restaurar el tejido perdido por caries, y al ser expuesto a la aplicación tópica de geles fluorados en su mayoría se combina en casos de odontopediatría, según lo menciona Guzmán existe pérdida de sustancia de este material.⁽³⁾

Ong menciona que el ionómero de vidrio y el composite son susceptibles a la degradación de su superficie al aplicar sustancias fluoradas, perdiendo así las propiedades relacionadas con su dureza.⁽¹¹⁾

Por otro lado en la investigación de El-Badrawy nos dice que existe un daño significativo al aplicar el fluorofosfato acidulado en ionómeros de vidrio convencionales revelando un comportamiento erosivo en su superficie.⁽¹²⁾

Por este motivo es necesario renovar conocimientos y así poder garantizar el éxito de las restauraciones preservando sus propiedades físicas el mayor tiempo posible en el diente ya que los fabricantes de biomateriales odontológicos van actualizando investigaciones y por ende mejorando el producto, razón por la cual es necesario aprender a manejar y combinar dichos materiales.⁽¹⁾

En Ecuador se realizó un estudio de ionómeros de vidrio modificado con resina ejecutado por Veloz,⁽⁹⁾ quien concluye que existe una disminución de la rugosidad superficial de un tipo de ionómero (GC Fuji II LC) al ser expuesto a la aplicación de dos clases de geles fluorados (Fluofar) por 4 minutos, dichas muestras de ionómero fueron almacenadas en saliva artificial 7 días previos a la aplicación tópica del flúor, garantizando en su posibilidad la similitud con el entorno bucal.

Basándonos en los argumentos anteriores fue necesario comprobar los cambios que sufren los ionómeros de vidrio híbridos al ser expuestos a geles fluorados, que son usados de manera preventiva en la consulta diaria profesional, por lo cual la obtención de los resultados ampliaría el conocimiento de los operadores al momento de utilizar estos biomateriales.

3. JUSTIFICACIÓN

El uso de geles fluorados ha sido desde años atrás un método de prevención de caries, protegiendo así a los órganos dentales, pero en estudios anteriores se ha logrado comprobar que el mal uso de dichos geles puede afectar la resistencia de la microdureza de los materiales que son utilizados para restaurar lesiones cariosas, como en este caso el ionómero de vidrio, causando erosión superficial.

El presente estudio permitió demostrar a través de la recolección de datos basadas en fuentes bibliográficas junto la realización de la experimentación, cuantificar el tamaño exacto del agrietamiento de un ionómero de vidrio híbrido, al ser expuesto a geles fluorados, reconociendo así la posible existencia de pérdida de dureza superficial, que representaría un problema para el paciente y el operador al momento que se decida usar el flúor como un método preventivo.

Este proyecto nos esclarecerá al manejo de geles fluorados y la ineficacia que se puede presentar sobre las obturaciones de ionómero de vidrio modificado con resina, que es uno de los materiales que se afectan en la fluorización. En el estudio de Turssi se determinó comportamientos erráticos en cuanto a la micromorfología cuando fueron expuestos a la acción de geles fluoruros.⁽¹³⁾

Por lo mencionado anteriormente y debido a la falta de guías informativas en Ecuador que puedan esclarecer el manejo de estos biomateriales al ser combinados, cabe la importancia del desarrollo de este trabajo investigativo y de esta manera afirmar datos que ayuden a mejorar el protocolo de manejo del ionómero y el flúor y evitar así fracasos clínicos.

La pertinencia de este estudio se debe a que la fluorización es un método convencional y frecuente utilizado en la prevención de caries, y en cuanto al ionómero de vidrio es el material de elección en odontopediatría por su fácil manejo y alta resistencia en operatorias dentales, por lo cual, la relación de estos materiales hace que esta investigación tenga relevancia.

Los resultados que se obtengan de la investigación serán de vital importancia para fomentar el interés en el campo investigativo de los estudiantes de odontología y pacientes siendo estos los beneficiarios directos generando un nuevo criterio en cuanto al uso y selección de biomateriales y la funcionalidad de este.

4. OBJETIVO GENERAL

4.1. Objetivo general

Analizar la microdureza de Vickers de un ionómero de vidrio modificado con resina expuesto a la acción de dos geles fluorados: Fluorfosfato acidulado en gel al 1.23% y Fluoruro de sodio en gel al 2%.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la microdureza Vickers de un ionómero de vidrio modificado con resina sometido a la acción del Fluorfosfato acidulado en gel al 1.23%.
- Establecer la microdureza Vickers de un ionómero de vidrio modificado con resina sometido a la acción del Fluoruro de sodio en gel al 2%.
- Comprobar que gel fluorado produjo mayor variación en la microdureza del ionómero de vidrio modificado con resina.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Tratamiento preventivo de caries dental con fluoruros

La caries dental sigue siendo un problema importante de salud pública, y la caries no tratada en los dientes permanentes la condición más prevalente observada en el estudio de Carga Global de Enfermedad de 2010. Alrededor del 35% de la población mundial, o 2.400 millones de personas, se ven afectadas, y la Organización Mundial de la Salud estima que es la cuarta enfermedad crónica más cara de tratar. ⁽¹⁴⁾

La prevención de la caries dental en niños y adolescentes se ha establecido como una prioridad para los servicios dentales, resultando más conveniente que su tratamiento. Además de ocurrir naturalmente, el flúor se agrega al suministro de agua en algunas áreas y se usa en la mayoría de las pastas dentales y en otros productos que están disponibles en diversos grados en todo el mundo. Como medida preventiva adicional existen otras formas de aplicar fluoruro directamente sobre los dientes, como enjuagues bucales, pastillas, barnices y geles. ⁽¹⁵⁾ La fluoración del agua tuvo origen en los Estados Unidos en 1945 y tomando este ejemplo ahora se lleva a cabo en unos 25 países de todo el mundo; Los altos mandos de salud oral lo consideran una obra maestra para prevenir la caries dental. ⁽¹⁶⁾

El flúor debe ser colocado por un odontólogo o aplicado por si mismos bajo supervisión (tomando en cuenta la edad del niño), mínimo una vez al año. El gel usualmente se coloca en una cubeta desechable que el niño o joven mantiene en la boca y muerde durante cuatro minutos. ⁽¹⁵⁾

5.2. Flúor

El flúor es un elemento natural de la biosfera, constituyendo el decimotercer elemento más abundante en la corteza terrestre, constituyendo en el estado combinado alrededor del 0,065% en peso de la corteza. Debido al pequeño radio del átomo de flúor, su carga superficial efectiva es la más alta entre todos los elementos. Como consecuencia, el flúor es el más electronegativo y reactivo de todos los elementos y difícilmente se encuentra en la naturaleza en su forma elemental. ⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

Sn embargo, se encuentra con mayor frecuencia como fluoruro inorgánico que se distribuye ampliamente, los compuestos de fluoruro se encuentran naturalmente en el agua, las plantas, las rocas, el aire, el suelo, sal y varios minerales como la fluorita y la fluorapatita. ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

En el contexto de la salud humana, el flúor se utiliza principalmente para mejorar la salud dental, debido a su afinidad por el calcio el flúor esta principalmente ligado a los huesos y dientes y este en cantidades óptimas aumenta la mineralización dental y densidad ósea, a veces puede encontrarlo en muchos productos de venta libre, que incluyen pasta dental, enjuagues dentales y suplementos. El efecto cariostático del fluoruro se descubrió por primera vez en relación con el contenido natural de fluoruro del agua potable. ⁽²⁰⁾

5.2.1. Historia

En 1909, el Dr. McKay persuadió a la Asociación Dental del Estado de Colorado para que invitara al Dr. Green Vardiman Black, uno de los investigadores dentales más eminentes del país, a asistir a la convención de 1909 en la que se presentaban los hallazgos de McKay. Los dos hombres comenzaron una investigación conjunta y descubrieron otras áreas del país donde se producían manchas marrones en los dientes. ⁽²²⁾

Black investigó la fluorosis durante seis años, hasta su muerte en 1915. Durante ese período, él y McKay hicieron dos descubrimientos cruciales. Primero, demostraron que el esmalte moteado (como Black se refería a la afección) era el resultado de imperfecciones del desarrollo en los dientes de los niños. Este hallazgo significó que los residentes de la ciudad cuyos dientes permanentes se habían calcificado sin desarrollar las manchas no corrían el riesgo de que sus dientes se volvieran marrones; Sin embargo, los niños pequeños que esperaban a que saliera su dentadura secundaria tenían un alto riesgo. En segundo lugar, encontraron que los dientes afectados por Colorado Brown Stain eran sorprendente e inexplicablemente resistentes a la caries. Tal vez hubo, como sugirieron algunos residentes locales, un ingrediente en el suministro de agua que manchaba los dientes, Black se mostró escéptico; Sin embargo, McKay estaba intrigado por las perspectivas de esta teoría. ⁽²²⁾

El arquitecto de estos primeros estudios sobre el fluoruro fue el Dr. H. Trendley Dean, jefe de la Unidad de Higiene Dental del Instituto Nacional de Salud (NIH). Dean comenzó a investigar la epidemiología de la fluorosis en 1931. Una de sus principales preocupaciones de investigación fue determinar qué tan altos podrían estar los niveles de fluoruro en el agua potable antes de que ocurriera la fluorosis. ⁽²²⁾

Este hallazgo envió los pensamientos de Dean en una nueva dirección. Recordó después de leer los estudios de McKay y Black sobre fluorosis que el esmalte dental moteado es inusualmente resistente a la caries. Dean se preguntó si agregar fluoruro al agua potable a

niveles seguros física y cosméticamente ayudaría a combatir la caries dental. Dean les dijo a sus colegas que esta hipótesis tendría que ser probada. Durante el proyecto de 15 años, los investigadores monitorearon la tasa de caries entre los casi 30,000 escolares de Grand Rapids. Después de solo 11 años, Dean, que ahora era director del NIDR, anunció un hallazgo sorprendente. La tasa de caries entre los niños de Grand Rapids nacidos después de que se agregó fluoruro al suministro de agua se redujo en más del 60 por ciento. Este hallazgo, considerando los miles de participantes en el estudio, representó un gran avance científico que prometió revolucionar el cuidado dental, haciendo que la caries dental por primera vez en la historia sea una enfermedad prevenible para la mayoría de las personas.⁽²²⁾

5.2.2. Metabolismo del Flúor

Varios aspectos del metabolismo del fluoruro, incluida la absorción gástrica, la distribución y la excreción renal, dependen del pH porque el coeficiente de permeabilidad de las membranas bicapa de lípidos al fluoruro de hidrógeno, es 1 millón de veces mayor que el de flúor.⁽¹⁷⁾

Esto significa que el fluoruro atraviesa fácilmente las membranas celulares como fluoruro de hidrógeno, en respuesta a un gradiente de pH entre los compartimentos de fluidos corporales adyacentes. Después de la ingestión, los niveles de fluoruro en plasma aumentan rápidamente debido a la rápida absorción en el estómago, un evento que depende del pH y distingue al fluoruro de otros halógenos y la mayoría de las otras sustancias.⁽²³⁾

La mayor parte del fluoruro que no se absorbe en el estómago se absorberá en el intestino delgado. En este caso, la absorción no depende del pH. El flúor que no se absorbe se excretará en las heces. Las concentraciones plasmáticas máximas de fluoruro se alcanzan entre 20 y 60 min después de la ingestión. Los niveles comienzan a disminuir a partir de entonces debido a dos razones principales: captación en tejidos calcificados y excreción en orina.⁽¹⁷⁾

Los niveles de fluoruro en plasma no están regulados homeostáticamente y varían según los niveles de ingesta, y alteraciones agudas ácido-base, hematocrito, altitud, actividad física, ritmo circadiano y hormonas, estado nutricional, dieta y predisposición genética.⁽¹⁷⁾

5.2.3. Mecanismo de acción del flúor

La acción primaria y más importante del flúor es tópica, cuando el ion con flúor está presente en la saliva en la concentración adecuada. La hidroxiapatita es el principal mineral responsable de la construcción del esmalte dental permanente después de que se termine el desarrollo de los dientes. Durante el crecimiento dental, el esmalte está constantemente expuesto a numerosos procesos de desmineralización, pero también importantes procesos de remineralización, si los iones apropiados están presentes en la saliva. ⁽²⁴⁾

Estos procesos pueden debilitar o fortalecer el esmalte. La presencia de flúor en un ambiente ácido reduce la disolución de la hidroxiapatita cálcica. La acción principal es la inhibición de la desmineralización del esmalte, que se lleva a cabo a través de diferentes mecanismos. Hay diferentes bacterias cariogénicas en el líquido de la placa el más importante es *S. mutans*. Cuando las bacterias metabolizan los azúcares, producen ácido láctico que disminuye el pH en la saliva. ⁽²⁵⁾

Cuando el pH cae por debajo del nivel crítico de hidroxiapatita (pH 5.5), el proceso de desmineralización del esmalte tiene lugar y se forma caries. Al principio, el proceso es reversible y es posible reducir la formación de nuevas lesiones con las medidas preventivas adecuadas. Si el flúor está presente en el líquido de placa, reducirá la desmineralización, ya que se adsorbe en la superficie cristalina y protegerá los cristales de la disolución. ⁽²⁶⁾

Debido a que el recubrimiento de iones de flúor es sólo parcial, las partes no revestidas del cristal se someterán a disolución en ciertas partes del diente, si el pH cae por debajo del nivel 5.5. Cuando el pH se eleva por encima del nivel crítico de 5,5, el aumento del nivel de iones fluoruro conduce a la remineralización, ya que se absorbe en el esmalte y forma fluorhidroxiapatita. ⁽²⁷⁾

Después de ciclos repetidos de desmineralización y remineralización, las partes externas del esmalte pueden cambiar y volverse más resistentes al ambiente ácido debido a una disminución del nivel de pH crítico de cristales recién formados (pH 4.5). ⁽¹⁷⁾

El efecto más importante del flúor en la progresión de la caries es, por lo tanto, en los procesos de desmineralización y remineralización. También se ha propuesto, que el ion fluoruro puede afectar a la fisiología de las células microbianas, que puede afectar indirectamente la desmineralización. ⁽²⁸⁾

Los iones de flúor afectan las células bacterianas a través de varios mecanismos. Uno de ellos es una inhibición directa de las enzimas celulares – enzimas glucolíticas, H⁺ATPasas). Afecta a la permeabilidad de la membrana celular y también disminuye el pH citoplasmático, lo que resulta en una disminución en la producción de ácido a partir de la glucólisis.⁽²⁵⁾

5.2.4. Administración de los fluoruros

Aunque han pasado más de 30 años desde que el efecto del flúor fue reconocido como resultado de su presencia en una forma soluble e iónica en la cavidad oral, la primera interpretación errónea de cómo funciona el flúor todavía hace que el uso adecuado de los métodos de flúor sea un desafío.⁽²⁹⁾

El mejor ejemplo es la clasificación de los métodos de uso de flúor como "sistémico". Esta clasificación no sólo es incorrecta, teniendo en cuenta que el uso de agua pública fluorada tiene como objetivo entregar flúor a la cavidad oral ("efecto tópico"), y no fortalecer los dientes que se forman durante su uso ("efecto sistémico"), sino que también hace difícil entender cómo, cuándo y en qué forma se debe administrar flúor.⁽²⁹⁾

Por lo tanto, es urgente que dejemos atrás la clasificación de las formas "sistemáticas" y "tóxicas" del uso de flúor, y consideremos que todos los métodos de uso de flúor eventualmente tienen como objetivo la entrega de flúor a la cavidad oral, para que pueda ejercer su efecto sobre el control de la caries. Por lo tanto, las diferentes formas de utilizar el flúor deben clasificarse de acuerdo con la estrategia utilizada para entregar flúor a la cavidad oral: basadas en la comunidad, individuales, profesionales o las combinaciones de estos.⁽²⁹⁾

5.2.4.1. Métodos comunitarios de uso de flúor

La particularidad de este método es que el flúor se ingiere, y regresa a la cavidad oral a través de la secreción de saliva, a través de las glándulas salivales. La principal implicación de este mecanismo de acción es que para que el agua fluorada sea eficaz, debe ser ingerida continuamente. No hay ningún efecto adicional mensurable de tener dientes formados bajo la exposición al agua fluorada, pero sólo de tener dientes continuamente bañados por saliva enriquecida con flúor.⁽²⁹⁾

Dado que la concentración de flúor necesaria para controlar la caries está dentro de un rango micromolar, un pequeño aumento en la concentración de flúor en la saliva de las personas

que viven en un área fluorada (alrededor de 0,02 ppm F), en comparación con aquellos que viven en un área no fluorada (alrededor de 0,01 ppm F), tiene un efecto tremendo.⁽²⁰⁾

5.2.4.2. Métodos individuales de uso de flúor

Entre los métodos individuales de administración de flúor (pastas dentales con flúor y enjuagues), el uso de pastas dentales con flúor es, con mucho, el más importante porque combina el uso de flúor con la extracción mecánica de la biopelícula. Hay pruebas inequívocas de que las pastas dentales con flúor son eficientes para controlar la caries y han desempeñado un papel importante en la disminución de la caries observada tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo.⁽²⁴⁾

Cuando se utilizan pastas dentales con flúor, se mantiene una alta concentración de flúor en la boca (saliva, líquido biopelícula) durante algunos minutos. En la saliva, la concentración de flúor tarda 1 o 2 horas en alcanzar los valores basales de pre-cepillado. En la biopelícula, el aumento de los valores de flúor se mantiene incluso 10 horas después del cepillado cuando las pastas dentales con flúor se utilizan de forma regular.⁽²⁵⁾

5.2.4.3. Métodos profesionales de uso de flúor

Algunos productos de flúor están restringidos al uso por el profesional dental; este es el caso de geles y barnices de alta concentración, y también de materiales dentales liberadores de flúor.⁽¹⁵⁾

Cuando se aplica un producto de fluoruro de alta concentración, como un gel de flúor (de 9.000 a 12.300 ppm F) o barniz (22.500 ppm F), en los dientes, además del aumento transitorio de la concentración de flúor en la cavidad oral, se produce una reacción entre el flúor soluble en el producto y el mineral dental que resulta en la precipitación de minerales fluorados (depósitos similares a fluoruros de calcio y fluorapatita).⁽²⁴⁾

La fluorapatita se incorpora dentro de la celosía de cristal, y no se disolverá en la cavidad oral. Sin embargo, los depósitos similares al fluoruro de calcio pueden servir como un depósito de flúor, disolviendo y liberando lentamente flúor en la saliva o en la fase fluida de la biopelícula acumulada en los dientes. El flúor liberado del fluoruro de calcio al fluido de biopelícula actuaría inhibiendo la desmineralización y mejorando la remineralización, y este parece ser el principal efecto de la aplicación profesional de flúor.⁽²⁵⁾

5.2.5. Toxicidad del flúor

Ingerido en cantidades excesivas, el flúor puede ser tóxico. La Asociación Dental Americana ha recomendado que no se dispensan más de 120 mg de fluoruro de sodio (264 mg de fluoruro de sodio) en cualquier momento. Las estadísticas mantenidas por la Asociación Americana de Centros de Control de Venenos indican que de todos los casos reportados de intoxicación por flúor, el 68% estaban relacionados con la ingestión de dentífrico con flúor, el 17% a los enjuagues bucales con flúor y los suplementos de 15% a fluoruro. ⁽²⁵⁾

Los niños menores de 6 años representan más del 80% de los informes de sospecha de sobreingestión. La dosis mínima que podría causar signos y síntomas tóxicos, incluida la muerte, y que debe desencadenar la intervención terapéutica inmediata y la hospitalización para la intoxicación por flúor se ha establecido en 5 mg/kg de peso corporal. La dosis letal de flúor se ha fijado en 15 mg/kg (la literatura informa de dosis letales entre 7 y 16 mg/kg de peso corporal). La muerte se ha producido en bebés con tan solo 250 mg. ⁽¹⁵⁾

Los signos y síntomas comunes de toxicidad aguda del flúor incluyen náuseas, vómitos y una disminución en el calcio de la sangre, causando signos locales o generales de tétanos muscular. Los signos también incluyen calambres abdominales y dolor y aumento de la hipocalcemia y la hiperpotasemia, coma principal, convulsiones y arritmias cardíacas. Generalmente, la muerte por ingestión excesiva de flúor ocurrirá dentro de las 4 horas; si el individuo sobrevive durante 24 horas, el pronóstico está protegido para el bien. ⁽²⁴⁾

Los efectos tóxicos del flúor se deben principalmente a 4 acciones diferentes: a) quemar los tejidos (forma ácido fluorhídrico cuando entra en contacto con la humedad, que tiene una acción corrosiva), (b) impedir la función nerviosa (a través de su afinidad por el calcio, que es necesaria para la función nerviosa), (c) intoxicación celular (a través de la inhibición de los sistemas enzimáticos), y (d) impedir la función cardíaca (por causar un desequilibrio de electrolitos a hiperpotas). ⁽²⁵⁾

5.2.6. Fluorofosfato acidulado al 1.23%

En la década de 1960, Brudevold propuso el uso la solución de fluorofosfato acidulado. Se ha descubierto que el gel de fluoruro de fosfato acidulado (APF) aumenta la captación de fluoruro por el esmalte en mayor medida y reduce de manera más eficiente la desmineralización del esmalte, haciendo que el calcio se una con el flúor formando así

fluoruro de calcio amorfo el cual resiste mejor la erosión. Su presentación al 1.23% corresponde a 12.300 ppm o 12'23mg/ml en gel.⁽³⁰⁾

La mayoría de los agentes APF están disponibles en forma de gel para una fácil aplicación con un hisopo o bandeja de algodón y sin desbordamiento en la cavidad oral (que puede causar náuseas e ingestión). Otro tipo de gel APF llamado gel tixotrópico se ha introducido; eso exhibe una forma estable en reposo, pero se vuelve fluida cuando se agita o agita. La fórmula de tixotropía se licua cuando el bandeja se está colocando en los dientes, y vuelve a un gel una vez la bandeja está sentada.⁽³¹⁾

5.2.6.1. Indicaciones

Se recomienda para personas en riesgo de desarrollar caries dental y para pacientes de 6 años o mayor.⁽³²⁾

Para detener o revertir las lesiones cariosas no cavitadas en las superficies oclusales de los dientes temporales, el panel de expertos recomienda a los odontólogos priorizar el uso gel APF 1,23% (aplicación cada 3-6 meses).⁽³²⁾

5.2.6.2. Contraindicaciones

Para mitigar el riesgo de experimentar ingestión accidental de altas dosis de fluoruro no es apropiado para niños que no cooperan y no pueden controlar la deglución. Además, el gel APF al 1.23% requiere succión para minimizar la deglución, especialmente cuando se usan en niños.⁽³²⁾

5.2.6.3. Técnica de aplicación

Se recomienda al paciente sentado, con el espaldar de la silla odontológica recta y hacia el frente para evitar así la ingestión del gel; aislamiento relativo con rollos de algodón o gasas esterilizadas; colocar 3-4 ml de APF al 1,23% en gel sobre cubetas desechables, colocar de 2 a 2,5 ml por cubeta por 4 minutos, usar succión o escupir. ⁽⁶⁾

5.2.6.4. Flúor usado en el estudio

Fluor fosfato acidulado al 1.23 % en gel con Ph 3.5 - 5.0 (Fluofar)

Marca comercial: Eufar

Composición: Fluoruro de Sodio, Ácido fosfórico y Ácido Fluorhídrico

Sabor: Chicle.

Tiempo de aplicación: 45 segundos

Precauciones: No estar en contacto sobre vidrio; Tener precaución en niños menores de 12 años. Una vez abierto mantenerlo refrigerado.

5.2.7. Flúor Neutro

Estos productos aparecieron en respuesta al concierto de que el gel APF puede grabar partículas de relleno de vidrio en restauraciones de composite, así como superficies de coronas de porcelana.⁽³³⁾

El fluoruro de sodio neutro tiene un sabor aceptable, no mancha los dientes ni afecta las restauraciones existentes y no irrita los tejidos bucales. Los geles de NaF se han comercializado como una alternativa segura a la APF para pacientes que tienen numerosos restauraciones protésicas.⁽³⁴⁾

Los estudios clínicos de la solución de NaF han demostrado su eficacia cuando utilizado en una serie de cuatro o cinco aplicaciones iniciales. Este método, aunque inicialmente requiere mucho tiempo para el operador y el paciente, complementar un programa de control de placa. Los geles de fluoruro de sodio neutro se pueden utilizar como alternativa al APF para evitar el grabado de restauraciones de porcelana y composite.⁽³³⁾

5.2.7.1. Indicaciones

Como agente terapéutico y preventivo combinado, los geles de flúor autoaplicados beneficiará mejor a los pacientes con caries alta actividad, problemas de flujo salival causados por medicamentos o radioterapia, síndrome de Sjögren, caries de la superficie radicular, dentina hipersensibilidad, sobredentaduras y caries recurrentes alrededor de los márgenes de las restauraciones.⁽³²⁾

5.2.7.2. Contraindicaciones

Para mitigar el riesgo de experimentar ingestión accidental de altas dosis de fluoruro no es apropiado para niños que no cooperan y no pueden controlar la deglución.⁽³²⁾

5.2.7.3. Técnica de aplicación

Gel neutro de NaF 5,000 o 9,000 ppmF) se coloca en la bandeja durante 4 minutos, a noche inmediatamente antes de acostarse. Cuando hecho, el exceso debe expectorarse. No debe comer ni beber durante 30 minutos después.⁽⁶⁾

5.2.7.3. Flúor usado en el estudio

Fluoruro de Sodio al 2% en gel (Fluofar)

Marca Comercial: Eufar

Composición: Fluoruro de Sodio, agua purificada, CMC, Ácido Fosfórico, Sacarina,

Duración del tratamiento: 45 segundos

Precauciones: No estar en contacto sobre vidrio; Tener precaución en niños menores de 12 años.

5.3. Ionómero de vidrio

En 1977, se sugirió que los cementos de ionómero de vidrio, estos podrían ofrecer ventajas particulares como materiales de restauración en la dentición temporal debido a su capacidad para liberar fluoruro y adherirse a los tejidos duros dentales. Y debido a que requieren poco tiempo para llenar la cavidad, los cementos de ionómero de vidrio presentan una ventaja adicional en el tratamiento de niños pequeños.⁽³⁵⁾

Los cementos de ionómero de vidrio convencionales fueron introducidos por primera vez por Wilson y Kent. Se derivan de ácido polialquenoico acuoso como el ácido poliacrílico y un componente de vidrio que suele ser un fluoroaluminosilicato. Cuando el polvo y el líquido se mezclan, se produce una reacción ácido-base. A medida que la sal de polialquenoato metálico comienza a precipitar, comienza la gelificación y continúa hasta que el cemento fragua.⁽³⁶⁾

Las propiedades son comparables a las de los cementos poliacrílicos. Este material también se utilizó como selladores debido a la adherencia ácido poliacrílico en tejidos dentales básicos. La fuerza de unión es comparable a la de algunos agentes de unión de dentina. La adherencia es de 3,8 MPa para el esmalte y 2,4 MPa para la dentina. La adhesión se debe a interacciones iónicas bipolares y enlaces metálicos más fuertes.⁽³⁷⁾

5.3.1. Composición

5.3.1.1. Polvo

Es un fluoroaluminosilicato de vidrio que consta de alúmina (Al_2O_3), sílice (SiO_2) y fluorita (CaF_2). Estos componentes se sinterizan a $1100\text{-}1500^\circ\text{C}$ para obtener una pasta de vidrio de fluoroaluminosilicato que se endurece después de enfriar con agua. Luego, el vidrio se muele en partículas finas de tamaño de partícula variable según el uso clínico: hasta $50\ \mu\text{m}$ para materiales de restauración. Aproximadamente $15\ \mu\text{m}$ para sellar cementos. La transparencia u opalescencia varía según el contenido cristalino (alúmina o fluorita). La radiopacidad aumenta con la adición de bario, estroncio o lantano. El color se obtiene añadiendo pigmentos u óxidos metálicos.⁽³⁸⁾

5.3.1.2. Líquido

Es un polielectrolito ácido de tipo polialquenoico, constituido esencialmente por ácidos orgánicos, cuyos principales representantes son los ácidos acrílicos e itacónicos. Su concentración varía del 40 al 50%. Este poliácido contiene una sucesión de grupos COOH , dando COO^- en forma ionizada, que son los sitios reactivos de la reacción de fraguado.⁽³⁵⁾

5.3.1.3. Fraguado

- Reacción ácido-base en la que los protones H^+ del ácido atacan el vidrio, liberando iones Ca^{2+} , Al^{3+} , F^- que se encuentran en la parte exterior del vidrio.⁽³⁹⁾
- Migración de iones y formación de un gel soluble de polialquenoato de calcio.⁽³⁹⁾
- Competencia y precipitación con otros iones metálicos para formar una estructura insoluble con gel de sílice.⁽³⁹⁾
- Desplazamiento interno de iones en el gel y absorción de agua, dando lugar a la persistencia de una configuración que compensa la retracción del agarre.⁽³⁹⁾

5.3.2. Propiedades

5.3.2.1. Fuerza compresiva

En general, los ionómeros de vidrio tienen una baja resistencia a la compresión, entre 100 y 170 MPa, lo que explica su límite de uso en áreas con altas tensiones oclusales. Aumenta añadiendo polvo a la composición.⁽⁴⁰⁾

5.3.2.2. Resistencia a la tracción

De manera similar, los ionómeros de vidrio tienen una resistencia a la tracción limitada, en comparación con otros cementos, entre 15 y 20 MPa.⁽⁴⁰⁾

5.3.2.3. Fuerza flexible

Es del orden de 20 a 30 MPa, con un módulo de elasticidad que es el más alto, alrededor de 20.000 MPa y mientras que su contracción volumétrica es del 3% a diferencia de otros biomateriales.⁽⁴¹⁾

5.3.2.4. Absorción / liberación de agua

Los ionómeros de vidrio son muy sensibles a la hidratación y deshidratación iniciales, lo que promueve el agrietamiento, mientras que otros CVI no se ven afectados por este problema. La absorción de agua dentro de este material provoca una disminución de su dureza y un aumento de su masa y a la inversa, durante la deshidratación. De ahí el interés de proteger mediante un barniz o una resina fotopolimerizable, y de posponer el pulido de 48 horas, con el fin de evitar grietas por exposición pronunciada al aire y erosión por contaminación temprana con agua.⁽⁴²⁾

5.3.2.5. Resistencia al desgaste

En general, es el más bajo en comparación con los ionómeros de vidrio híbridos y los compómeros. Sin embargo, los estudios que simulan el cepillado de dientes muestran una resistencia satisfactoria al desgaste de dicho material, especialmente como selladores, en comparación con otros biomateriales.⁽⁴³⁾

5.3.2.6. Liberación / acumulación de fluoruro

En general, los estudios in vitro coinciden en afirmar que los ionómeros de vidrio son capaces de liberar flúor, en particular en medio ácido. Esto por degradación del material en la superficie, otorgándole su poder cariostático al aumentar la resistencia a la acidez de las superficies dentales. Esta liberación es duradera pero disminuye con el tiempo, hasta que alcanza una tasa constante baja. Además, se pueden recargar en flúor, en contacto con una solución fluorada como barnices, geles, colutorios, pastas dentales.⁽⁴⁴⁾

5.3.2.7. Adhesión

La fuerza de adhesión o separación de un ensamblaje adherido es de 4 a 5 MPa para el esmalte y la dentina, sin acondicionamiento previo. No aumenta con la preparación de la superficie.⁽⁴⁰⁾

La unión con el tejido dental es de naturaleza química e implica enlaces iónicos y de hidrógeno. Existe un intercambio dinámico de iones fosfato y calcio entre el poliacrilato de ionómero de vidrio y la hidroxiapatita del esmalte y la dentina. Es más alto para el esmalte en una superficie sin tratar que para la dentina. La fuerza de adhesión en la interfaz cemento-sustrato es mayor que la fuerza de cohesión del cemento, de ahí las fracturas observadas dentro del material más que en el desprendimiento.⁽⁴⁰⁾

5.3.2.8. Rugosidad de la superficie

Influye en el grado de adhesión de las bacterias a la superficie del material. Por lo tanto, una superficie rugosa promoverá la colonización bacteriana y la formación de placa dental en las restauraciones.⁽⁴⁵⁾

5.3.2.9. Biocompatibilidad

La biocompatibilidad de los cementos de ionómero de vidrio es muy importante porque deben estar en contacto directo con el esmalte y la dentina si se desea que se produzca una adhesión química. En un estudio in vitro, se encontró que el cemento de ionómero de vidrio convencional recién mezclado era citotóxico, pero el cemento fraguado no tuvo efecto sobre los cultivos celulares. Por lo tanto, el revestimiento normalmente no es necesario en las restauraciones de ionómero de vidrio convencionales cuando no hay exposición pulpar.⁽⁴⁶⁾

5.3.2.10. Poder cariostático

Se debe principalmente a la liberación de fluoruros por parte de los ionómeros de vidrio convencionales, que previene el desarrollo de lesiones del esmalte y remineraliza las lesiones iniciales. Los fluoruros impactan el metabolismo bacteriano y reducen la energía de la superficie, lo que dificulta la colonización de la placa bacteriana.⁽⁴⁷⁾

Los estudios in vitro coinciden en decir que este material crea una zona de inhibición de la desmineralización junto a las paredes de la cavidad, con mejores resultados en comparación con las amalgamas, los compómeros o los composites.⁽⁴⁷⁾

5.3.2.11. Longevidad

Los principales estudios clínicos sobre el ionómero de vidrio tienen una duración de 2 a 8 años. Las causas de estas fallas son principalmente la pérdida de restauraciones debido a una falta de retención, fracturas de material y pulpa complicaciones, degradación y desgaste del material, su fractura, y pérdida de retención.⁽⁴⁸⁾

5.3.3. Indicaciones

Debido a su potencial cariostático, a través de la liberación de flúor, los ionómeros de vidrio están indicados en sujetos con alto riesgo de caries, a cualquier edad.⁽⁴⁹⁾

Por sus propiedades adhesivas a los tejidos dentales, estos cementos también están indicados para la restauración de lesiones cervicales como erosión, abrasión, abfracción, caries de cuello.⁽⁴⁹⁾

Se pueden usar como selladores de fosas y fisuras en pacientes jóvenes en etapa de erupción y en adultos para reparar articulaciones defectuosas en restauraciones desgastadas. Se utilizan en niños como materiales para restaurar dientes temporales.⁽⁴⁵⁾

En el sujeto con caries múltiples, pueden utilizarse para un tratamiento de interceptación de lesiones, a la espera de una obturación permanente.⁽²⁾

Los ionómeros de vidrio también sirven como materiales intermedios (revestimiento o base) debajo de las amalgamas, resinas compuestas e incrustaciones, que sirven como aislamiento térmico, barrera contra la difusión de elementos tóxicos de los materiales, compensador de tensiones inducidas por la contracción de fraguado y expansión térmica de los composites,

rellenando así los cortes en las restauraciones indirectas. Finalmente, se encuentran como cemento de sellado en prótesis, endodoncia y ortodoncia.⁽²⁾

5.3.4. Contraindicaciones

Los cementos de ionómero de vidrio convencionales tienen una baja resistencia a la flexión, pero un alto módulo de elasticidad y, por lo tanto, son muy frágiles y propensos a fracturarse. Algunos son posiblemente más fuertes que los materiales convencionales, pero su resistencia a la fractura sigue siendo baja. Se ha demostrado que los materiales modificados con resina tienen resistencias a la tracción y flexión significativamente más alta y un módulo de elasticidad más bajo que los materiales convencionales. Por tanto, son más resistentes a las fracturas, pero su resistencia al desgaste no ha mejorado mucho. Además, sus propiedades de resistencia siguen siendo muy inferiores a las de las resinas compuestas, por lo que no deben estar sometidas a una carga oclusal indebida a menos que estén bien soportadas por la estructura dental circundante.⁽³⁶⁾⁽⁵⁰⁾⁽⁴⁴⁾

5.3.5. Clasificación

5.3.5.1. Según el uso del ionómero

- Clase 1: cementos de sellado protésico.⁽⁴⁷⁾
- Clase 2: biomaterial de relleno de aspecto estético (tipo 2a) o relleno de aspecto metálico (tipo 2b).⁽⁴⁷⁾
- Clase 3: materiales intermedios (liner / bases) indicados como cementos aislantes delgados (<0,5 mm) bajo restauraciones, ya sea con fraguado convencional (tipo 3a), o fotopolimerizables (tipo 3b), y los denominados cementos de sustitución dentina o reconstitución interna (tipo 3c).⁽⁴⁷⁾

5.3.5.2. Clasificación internacional

5.3.5.2.1. Familia 1: CVI convencionales

Posee una propiedad de unión intrínseca a la dentina y el esmalte. Tienen cualidades de sellado innegables, en particular debido a sus propiedades de adhesión y una compensación

de su variación dimensional por su viscoelasticidad. Sin embargo, cabe señalar que este sellado está directamente relacionado con el uso del material, que sigue siendo muy sensible a la hidrólisis y deshidratación. El principal inconveniente de los CVI convencionales radica en sus pobres propiedades mecánicas, que contraindican su uso solo en sectores donde las tensiones oclusales son importantes. En cuanto a sus propiedades ópticas, no alcanzan las de los composites.⁽⁵⁰⁾⁽⁴⁶⁾

5.3.5.2.2. Familia 2: CVIH (cementos híbridos de ionómero de vidrio) o CVIMAR (modificado por adición de resina).

Se han propuesto para superar las principales deficiencias de los CVI convencionales. Se producen mediante la incorporación de resinas de tipo hidroxietilmetacrilato (HEMA) y BisGMA (bisfenol A glicídico dimetacrilato). Su reacción de fraguado es doble base ácida con la adición de una reacción de polimerización de la resina. Sus propiedades de sellado siguen siendo excelentes, tanto más cuanto que los CVIMAR tienen una alta tolerancia al procesamiento incluso en condiciones difíciles, debido a su hidrofilia. Tendrían propiedades mecánicas ligeramente mejores que los CVI tradicionales, excepto por la resistencia al desgaste, debido a su matriz resinosa que tiende a desgastarse.⁽³⁸⁾⁽⁴²⁾

5.3.6. Ionómero de vidrio utilizado en el estudio

Vitremer 3M

Sistema de ionómero de vidrio de triple polimerización indicado para el uso como restaurador estético y para reconstrucción de muñones.⁽⁵¹⁾

5.3.6.1. Composición

Polvo: polvo de fluoroaluminosilicato. Contiene varios pigmentos que suministran los diferentes colores en el colorímetro de Vita (A3, A4, C2 y C4), adicional se ofrece un color odontopediátrico y uno de color azul para la reconstrucción de muñones.⁽⁵¹⁾

Líquido: solución de ácido policarboxílico que contiene modificaciones con grupos de metacrilatos.⁽⁵¹⁾

Primer: copolímero del Vitrebond, HEMA, etanol y fotoiniciadores (naturaleza ácida).⁽⁵¹⁾

Brillo de acabado: resina fotopolimerizable.⁽⁵¹⁾

5.3.6.2. Ventajas

- Permite una reacción ácido-base de los ionómeros de vidrio convencionales y entre sus ventajas tiene: liberación de flúor, biocompatibilidad y excelente adhesión y retención y que comienza con la mezcla de polvo y líquido y puede darse en la oscuridad. ⁽⁵¹⁾
- La fotopolimerización del grupo que contiene metacrilato se inicia cuando se realiza la mezcla de polvo-líquido y se expone a una luz. Esto permite un amplio tiempo de trabajo, mejorando las propiedades físicas, ayudando a un acabado inmediato. ⁽⁵¹⁾
- Mientras la polimerización del grupo que posee metacrilato en la oscuridad comienza cuando se mezclan polvo y líquido y se da en la oscuridad. Esto permite que cuando se decide colocar en masa el producto y no en capas, podamos asegurar la polimerización en zonas profundas y ahorrarnos tiempo de trabajo. ⁽⁵¹⁾

Este material, presenta alta resistencia a la fractura y tensión diametral, lo que lo hace un material de elección en la reconstrucción de muñones. ⁽⁵¹⁾

5.3.6.3. Indicaciones

- Restauraciones Clase III y Clase V.
- Restauraciones Clase I o II en dientes temporales.
- Base/liner cavitario. ⁽⁵¹⁾
- Reconstrucción de muñones.
- Reconstructor geriátrico. ⁽⁵¹⁾

5.4. Sistema de medición de dureza del ionómero de vidrio

Históricamente, la mayoría de los investigadores han preferido las pruebas de dureza Vickers y Knoop para probar la dureza de los dientes de las prótesis o las resinas compuestas. ⁽⁵²⁾

En las pruebas de microdureza, se hace una muesca en la muestra mediante un penetrador de diamante con un ángulo interfacial 136 ° que produce una impresión cuadrada mediante la aplicación de una carga. El tamaño de la indentación resultante se mide con la ayuda de un microscopio óptico calibrado y la dureza se evalúa como la tensión media aplicada debajo del indentador. La medición de la dureza es identificada con un accesorio de microscopio, que comprende el penetrador y los medios para aplicar pequeñas cargas. ⁽⁵³⁾

Las pruebas de microdureza deben controlarse y replicarse con mucho cuidado, utilizando una carga lo más grande posible. La superficie de la muestra debe estar libre de deformaciones (por ejemplo, electropulida), plana y perpendicular al eje del penetrador. El penetrador se baja lentamente a una velocidad de $<1 \text{ mm min}^{-1}$ en condiciones sin vibraciones, deformando finalmente la superficie de prueba de una manera análoga a la fluencia en estado estable. Esta condición se logra en 15 s, un período de prueba comúnmente utilizado.⁽⁵³⁾

Las ecuaciones para la dureza Vickers (HV) es la siguiente:

$$HV = \frac{a \cdot P}{d^2}$$

HV. Número de la dureza de vickers.

a: (136) valor constante del ángulo de la punta del diamante.

P: carga aplicada (kg/f).

D: diagonal promedio de la huella.⁽⁵²⁾

6. METODOLOGÍA

6.1. Diseño de la investigación

Observacional y descriptivo: se determinará la microdureza superficial del ionómero de vidrio modificado con resina a la exposición del fluoruro de sodio al 2% y se detallará el desgaste y el aumento de rugosidad que sufre por la acción de estos geles fluorados.

Descriptivo: porque se describirá los atributos que determinen que gel fluorado afecta más la microdureza superficial del ionómero de vidrio híbrido.

Analítico: porque se evaluará si la exposición del flúor afecta la microdureza del ionómero de vidrio modificado con resina.

De campo: se considera de campo pues la base del experimento es la observación que será sustentada con información de artículos científicos que ayudarán de guía en este proyecto.

Comparativo: ya que se analizará tres grupos de 15 discos de ionómero de vidrio híbrido a la exposición de dos tipos de geles fluorados para determinar el aumento de su rugosidad.

In vitro: no compromete ningún tipo de contacto directo con pacientes debido a que se usan discos prefabricados de dicho biomaterial.

Transversal: cada muestra será evaluada en un determinado momento sin un periodo de seguimiento.

6.2. Muestra de estudio

La población estuvo conformada por 30 discos pre fabricados de ionómero de vidrio modificado con resina (Vitremer 3M) basados en las medidas establecidas en la norma ISO 4049⁽⁵⁴⁾ que se utiliza para materiales poliméricos para determinar microdureza de 4mm de altura por 4mm de ancho, almacenados en saliva artificial (Saliv by Denturi) por 7 días dentro de un frasco estéril (Brand Ecuador) a temperatura ambiente de 25 °C y divididos en tres grupos de trabajo cada uno con 10 discos, se escogieron de forma intencionada aquellas muestras que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la siguiente forma:

Grupo 1: 10 cilindros de ionómero de vidrio híbrido A3 (3M/ESPE, USA) sumergidos en saliva artificial (Saliv by dentury), destinados al grupo control para proporcionar datos de la microdureza basal.

Grupo 2: 10 cilindros de ionómero de vidrio híbrido A3 (3M/ESPE, USA) sumergidos en fluorfosfato acidulado al 1.23% (Maquira) por 4 minutos.

Grupo 3: 10 cilindros de ionómero de vidrio híbrido A3 (3M/ESPE, USA), sumergidos en fluoruro de sodio neutro al 2% (Fluofar) por 4 minutos.

6.4. Criterios de selección

6.4.1. Criterios de inclusión

- Discos de ionómero de vidrio híbrido que cumplan con las siguientes especificaciones: 4mm de ancho y 4mm de profundidad
- Discos con superficies lisas y planas.
- Discos de ionómero de vidrio modificado con resina de la marca comercial Vitremer 3M.

6.4.2. Criterios de exclusión

Ionómeros que se encuentren en estado de caducidad, muestras que tengan burbujas o modificación durante el fraguado, discos que no tengan las dimensiones requeridas o que no cumplan con los criterios de inclusión.

6.5. Técnica e Instrumentos

Técnica: Observación ya que se anotará los datos que proporcione el microdurómetro de Vickers manejado por 1 operador.

Instrumento: Lista de cotejo o bitácora de laboratorio citada en el anexo 2.

6.6. Análisis Estadístico

Los datos recopilados producto de la observación del laboratorio se recopilaron en Excel de manera manual y fueron procesados en el programa estadístico SPSS v.25. para determinar sus valores descriptivos y sus valores de significancia.

6.7. Intervenciones

Fotografía Nro. 1. Preparación de materiales para elaborar cilindros de ionómero de vidrio modificado con resina Vitremer 3M.



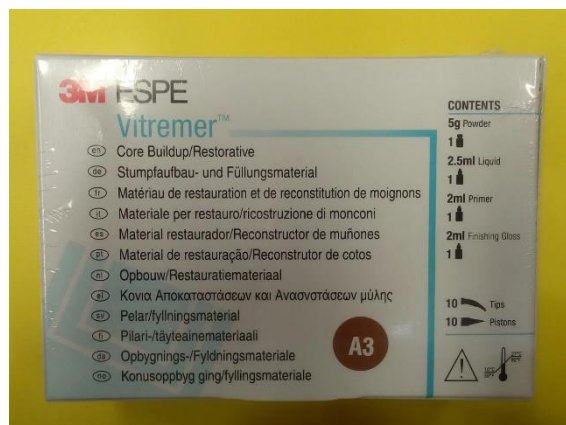
Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 2. Matriz desarmable de acero inoxidable (Madic-Met, Ecuador).



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 3. Ionómero de vidrio modificado con resina Vitremer 3M



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 4. Fluorfosfato acidulado al 1,23% (Maquira, Brazil)



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 5. Fluoruro de sodio neutro al 2% (Eufar, Colombia)



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 6. Lámpara de fotocurado woodpecker LED.C.



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 7. Microdurómetro automático (Duroline-M, marca Metkon con especificación ASTM E384)



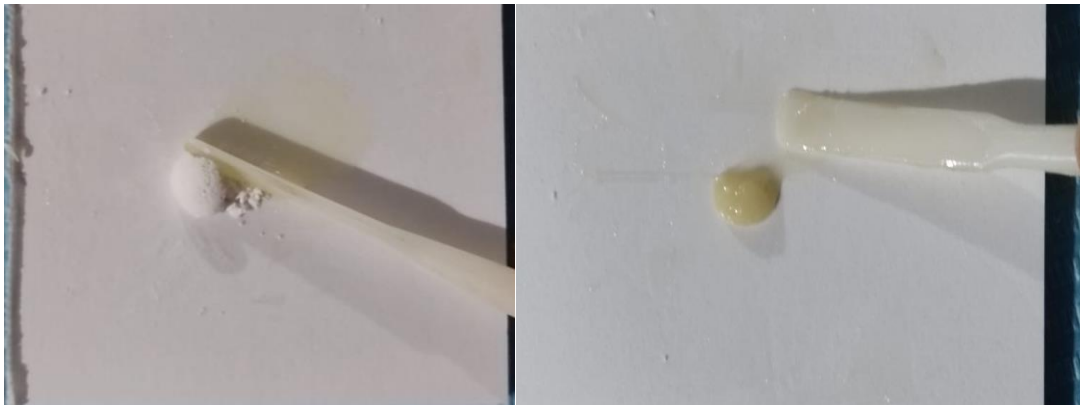
Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

6.7.1. Elaboración de las muestras

El proyecto comenzó con la elaboración de una matriz de acero inoxidable (Madi-Mec, Ecuador) que contaban con aberturas de forma de cilindro de 4mm de altura y 4mm de espesor, la cual fue diseñada para cumplir el propósito del estudio considerando las normas

ISO 4049 para materiales poliméricos. Se elaboraron 30 discos de ionómero de vidrio modificado con resina Vitremer (3M) de tono A3, a continuación, se procede al manejo del ionómero de vidrio híbrido Vitremer (3M) siguiendo el protocolo que se había aplicado en estudios anteriores como el de Robles y el de Veloz. El propósito de esta preparación fue estandarizar las proporciones de líquido y polvo utilizando la cantidad indicada, que son dos gotas de líquido y dos cucharadas de polvo con el tiempo de mezclado de 45 segundos utilizando una espátula de plástico (ABS dental) en el papel encerado correspondiente de la marca (3M), cabe destacar que la espátula fue limpiada después de la preparación de cada muestra para evitar posibles afectaciones en el experimento para luego llevarlo a la matriz llenándola y ejerciendo presión en esta y sobre ella se colocó un lamina de celuloide (Maquira, Brasil) y una lámina de acetato para ayudar a que la superficie se quede lisa y uniformes como se ha visto en el estudio de Robles⁽⁸⁾ y en el de Veloz⁽⁹⁾.

Fotografía Nro. 8. Preparación del material.



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 9. Colocación del material en la matriz de acero inoxidable



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Fotografía Nro. 10. Utilización de tira de celuloide para superficies planas



Fuente: Registro fotográfico

6.7.2. Fotopolimerización de los discos de ionómero

El material se polimerizó a una potencia de 1200 mW/cm² durante 40 segundos con una lámpara de luz led modelo LED.C marca Woodpecker a una distancia de 1mm aproximadamente evitando movimientos, anteriormente se comprobó la potencia de la lámpara.

Fotografía Nro. 11. Fotopolimerización



Fuente: Registro fotográfico

Autor: Elizabeth Muñoz

6.7.3. Acabado y pulido de las muestras

Se inició este proceso con un micromotor (NSK) y fresas de pulido gloss dentistry (Jota, Suiza) de granulación gruesa, pasando luego por granulación media y fina, para terminar en una fresa de granulación ultrafina durante 20 segundos a baja velocidad de 10.000rpm aproximadamente en movimientos circulares sin olvidar de enjuagar y secar entre cada muestra tal como indica el fabricante. A continuación se utiliza gomas siliconadas gloss dentistry (Jota, Suiza) de granulación gruesa y fina lavando y secando entre muestras. Cabe

destacar que solo la cara superior de las muestras se procedió al pulir debido a que la parte inferior terminaba en forma de cono y no contaba con una superficie plana.

Fotografía Nro. 12. Acabado y pulido



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Finalmente se procede a colocar una gota de gloss que provee la misma casa comercial (Vitremer 3M) en cada una de las muestras por 20 segundos según las indicaciones. Se realiza una inspección visual para verificar que no existan defectos en las superficies de los discos.

Fotografía Nro. 13. Aplicación del gloss



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

6.7.4. Obtención de los cuerpos de ionómero de vidrio modificado con resina

Se escogieron 30 discos de ionómero de vidrio híbrido colocándolos en envases estériles (Brand, Ecuador) sumergidos en saliva artificial (Saliv, Ecuador) durante 7 días y en temperatura ambiente aproximadamente 25 °C en un cuarto oscuro, tapados con una tela y con sus frascos sellados.

Fotografía Nro. 14. Almacenamiento de las muestras



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

Después de una semana los discos fueron llevados a la Escuela Politécnica Nacional donde la ingeniera encargada del laboratorio procedió a enjuagar una por una las muestras siguiendo el protocolo de Robles⁽⁸⁾ y de Veloz⁽⁹⁾ siendo divididos aleatoriamente en los siguientes grupos:

Grupo 1: 10 discos de ionómero de vidrio modificado con resina sin aplicación de geles fluorados.

Grupo 2: 10 discos de ionómero de vidrio modificado con resina con aplicación de 0.05ml de fluorfosfato acidulado en gel al 1.23% con la ayuda de una jeringuilla por 4 minutos utilizando un cronómetro del laboratorio, posteriormente fueron lavadas una por una y secadas con una pera de aire para la medición.

Grupo 3: 10 discos de ionómero de vidrio modificado con resina con aplicación de 0.05ml de fluoruro de sodio en gel al 2% con ayuda de una jeringuilla por 4 minutos utilizando un cronómetro del laboratorio, posteriormente fueron lavadas y secadas una por una con una pera de aire para la medición siguiendo el protocolo señalado por Robles.⁽⁸⁾

Fotografía Nro. 15. Agrupación de las muestras.



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

6.7.5. Medición de la microdureza

Los discos fueron llevados al Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla de la Escuela Politécnica Nacional colocados sobre el durómetro (Duroline M) para la prueba de microdureza de Vickers, donde se realizaron 2 indentaciones a cada una de las muestras con un intervalo de 1mm entre las mismas durante 15 segundos y con una fuerza de 200mg, obteniendo el promedio de sus dos diagonales observándose microscópicamente con un lente de aumento 40X.

Los valores de cada disco fueron promediados dando el resultado final equivalente al promedio de las diagonales de cada muestra aplicando a cada una de ellas la fórmula de microdureza de Vickers.

Fotografía Nro. 16. Medición de microdureza



Fuente: Registro fotográfico
Autor: Elizabeth Muñoz

6.6.3. Cuestiones Éticas

El presente estudio se desarrollará en un laboratorio privado y no requiere de comité de bioética.

6.8. Operacionalización de las variables

6.8.1. Variable Dependiente: Microdureza superficial del ionómero de vidrio modificado con resina

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Microdureza: Resistencia que posee un material a la indentación o rayado. ⁽⁵³⁾	Carga de 500gr ⁽⁵³⁾⁽⁸⁾	Diámetro de la Indentación. ⁽⁵³⁾	El microdurómetro Tuckon posee un indentador para medir la microdureza de Vickers. ⁽⁵³⁾	Microdurómetro Tuckon y hoja de registro.

6.8.2. Variable Independiente: Geles de Flúor NaF y FFA

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Geles de flúor muy usados para la prevención de Caries dental, re mineralización de los dientes. ⁽⁶⁾	0.05ml 4 minutos	NaF al 2% FFA al 1.23% Tiempo	Aplicación inmediata. Observación	Aplicador Cronómetro en minutos

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El conjunto de muestras fue agrupado de la siguiente forma el Grupo 1 (Grupo de control) constituido por las muestras de ionómero sin ninguna sustancia, el Grupo 2 conformado por el grupo de discos expuestos a flúor fosfato acidulado al 1,23%, y finalmente el Grupo 3 que fue expuesto a fluoruro de sodio al 2%.

Tabla Nro. 1. Estadísticos descriptivos VH muestra Flúor fosfato ácido al 1,23%.

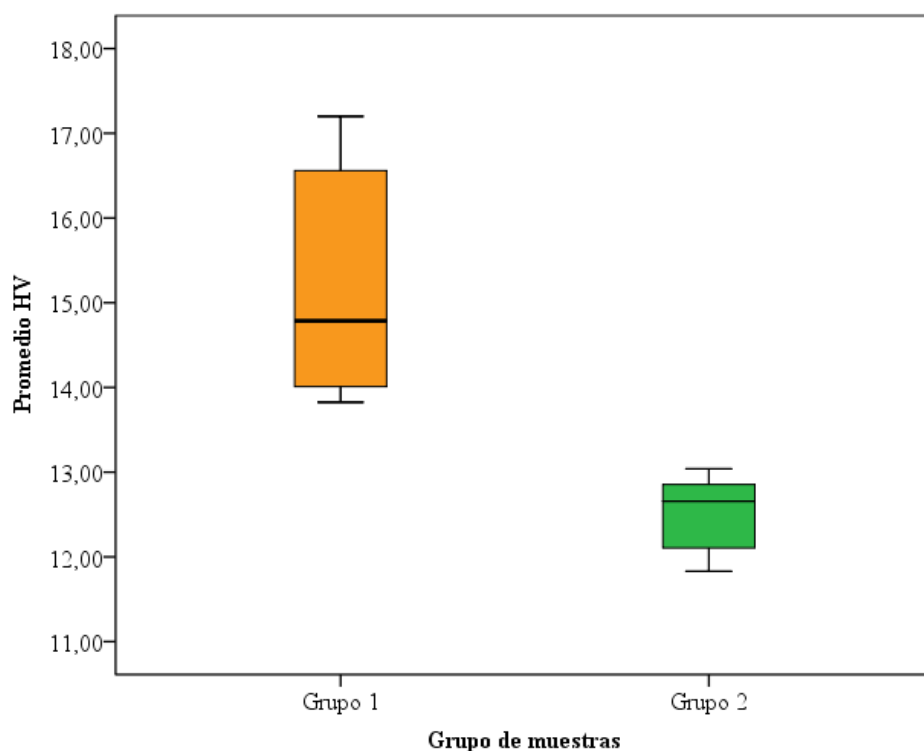
Grupos	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	CV
Grupo 1	15,25	14,79	13,83	17,2	1,25	8%
Grupo 2	12,52	12,70	11,83	13,04	0,43	3%

Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional

Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: En la tabla se muestra los estadísticos descriptivos correspondientes al grupo de control (Grupo 1) y el flúor fosfato de acidulado al 1,23% (Grupo 2); mostrando claramente una diferencia en sus valores de promedio de VH lo que indicaría una pérdida de la microdureza en el ionómero, siendo la variación de la muestra mucho más consistente en el Grupo 2; los valores máximos y mínimos se muestran menores respecto al Grupo 1, al igual que su valor de desviación.

Gráfico Nro. 1. Comparación del Grupo 1 y 2



Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: En el diagrama se muestra que el Grupo 1 de muestras tiene un valor típico por debajo de 15 HV con valores dispersos en su muestra respecto al Grupo 2, este último muestra una disminución importante de su microdureza con su valor típico menor a 13, sus valores se muestran muy consistentes y menos dispersos.

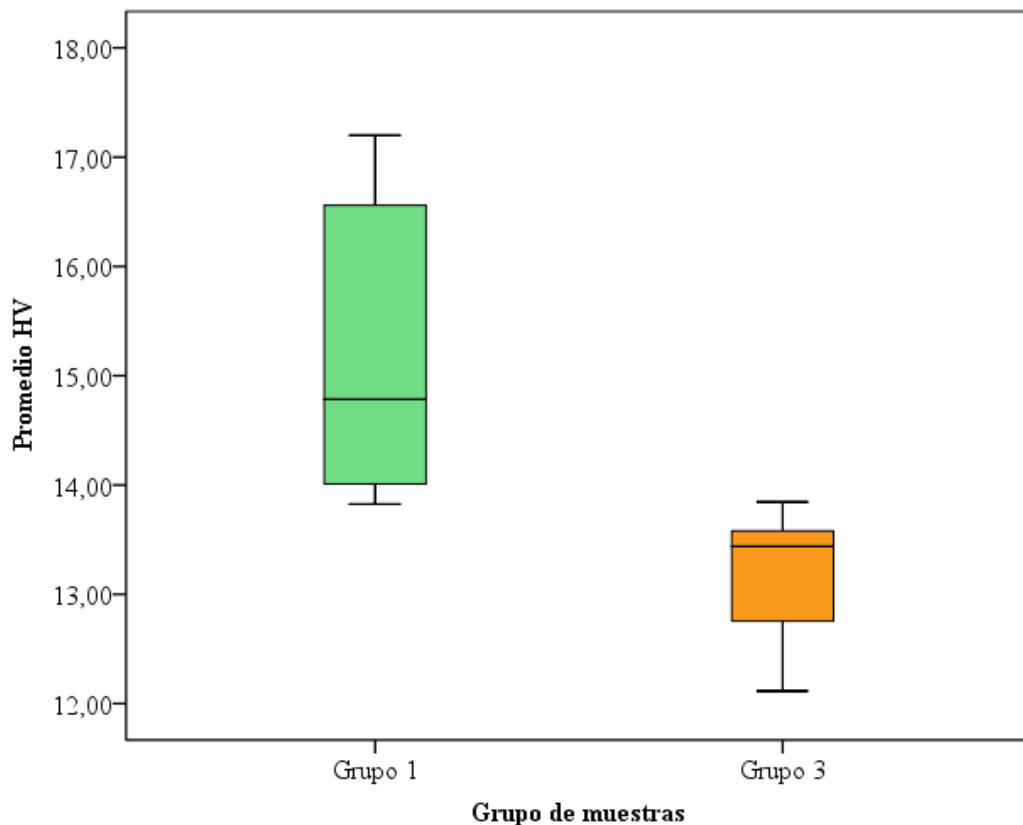
Tabla Nro. 2. Estadísticos descriptivos VH muestra Fluoruro de sodio en gel al 2%.

Grupos	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	CV
Grupo 1	15,25	14,79	13,83	17,2	±1,25	8%
Grupo 3	13,22	13,44	12,12	13,84	±0,53	4%

Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: En la tabla se aprecia los valores descriptivos correspondientes al grupo de control (Grupo 1) y el flúor de sodio neutro al 2% (Grupo 3); exponiendo notoriamente una diferencia en sus valores de promedio de VH, por lo cual señalan una pérdida de la microdureza en el ionómero, siendo la variación de la muestra del Grupo 3 la más evidente; los valores máximos y mínimos se muestran menores respecto al Grupo 1, al igual que su valor de desviación.

Gráfico Nro. 2. Comparación del Grupo 1 y 3



Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: En lo que refiere al Grupo 1 de muestras se puede identificar un valor típico por debajo de 15 HV, observando valores dispersos en su muestra respecto al Grupo 3, el mismo que presentó en sus muestras disminución de su microdureza con su valor típico menor a 14, sus valores se muestran muy consistentes y menos dispersos.

Tabla Nro. 3. Estadísticos descriptivos VH muestra Fluoruro de sodio en gel al 2%.

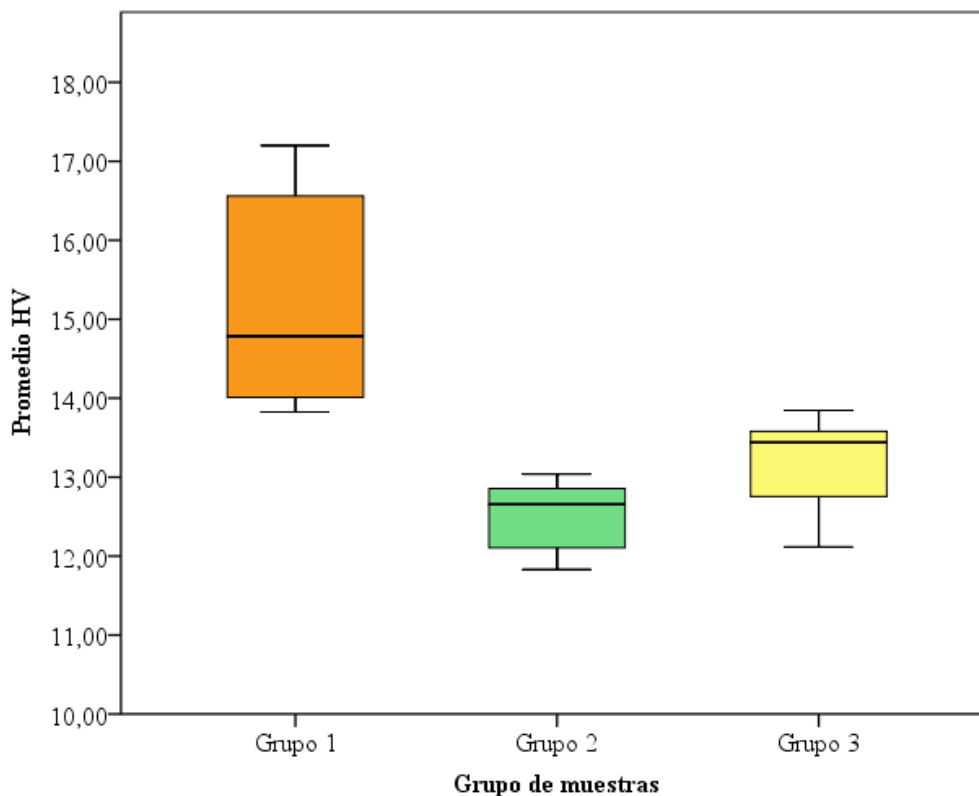
Grupos	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	CV
Grupo 1	15,25	14,79	13,83	17,2	±1,25	8%
Grupo 2	12,52	12,70	11,83	13,04	0,43	3%
Grupo 3	13,22	13,44	12,12	13,84	±0,53	4%

Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional

Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: Se analizaron 30 muestras, 10 discos de ionómero de vidrio híbrido correspondientes al grupo de control, 10 discos que fueron aplicados fluorfosfato acidulado al 1.23% y el último grupo al que se le expuso fluoruro de sodio neutro al 2%, siendo los valores promedio de microdureza más altos en el primer grupo, se observa una pérdida significativa de sustancia en el grupo 2, a diferencia del grupo 3 el cual presenta un ligero cambio en su microdureza.

Gráfico Nro. 3. Comparación del Grupo 1, 2 y 3



Fuente: LMDF Escuela Politécnica Nacional

Elaborado por: Elizabeth Muñoz

Análisis: En lo que se refiere en cuanto a la distribución de datos de los grupos de ionómero de vidrio modificado con resina se puede observar en el diagrama se ha obtenido datos consistentes; identificando al Grupo 1 con valores de microdureza más altos siendo las muestras de control numéricamente debajo de 15 HV, con valores dispersos en su muestra respecto al Grupo 2 los cuales fueron sumergidos en fluorfosfato acidulado al 1.23% por 4 minutos presentando mayor reducción en su microdureza con un valor por debajo del 13HV a diferencia del Grupo 3 que fue expuesto al fluoruro de sodio neutro al 2% el cual muestra un pérdida menor de microdureza con un valor por debajo de los 14HV.

Análisis de significancia

Para realizar la prueba estadística correspondiente a la significancia de valores es importante determinar la normalidad de la distribución de datos de la variable cuantitativa (Promedio dureza HV).

Tabla Nro. 4. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Promedio HV	0,891	30	0,005

a Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mostró un valor de significancia menor a 0,05 ($p=0,005$) por tanto la distribución de datos no es normal, por lo que para la determinación de la hipótesis se usarán pruebas no paramétricas rechazándose la hipótesis.

Hipótesis 1 (H1)

H_0 = No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2).

IC= 95%

Error= 0,05

Decisión: Si p es menor 0,05 se rechaza H_0

Prueba

Tabla Nro. 5. Prueba H1

Estadísticos de prueba	Promedio HV
U de Mann-Whitney	0,00
W de Wilcoxon	55
Z	-3,78
Sig. asintótica (bilateral)	0,00
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000b

a Variable de agrupación: Grupo de muestras

b No corregido para empates.

Conclusión: el valor de prueba estimó un p valor menor a 0,05 ($p=0,00$) por tanto, se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2).

Hipótesis 2 (H2)

H_0 = No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 3).

IC= 95%

Error= 0,05

Decisión: Si p es menor 0,05 se rechaza H_0

Prueba

Tabla Nro. 6. Prueba H2

Estadísticos de prueba^a	PromedioHV
U de Mann-Whitney	1,00
W de Wilcoxon	56
Z	-3,70
Sig. asintótica (bilateral)	0,00
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,000b

a Variable de agrupación: Grupo de muestras

b No corregido para empates.

Conclusión: el valor de prueba estimó un p valor menor a 0,05 ($p=0,00$) por tanto, se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 2).

Hipótesis 3 (H3)

H_0 = No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 3).

IC= 95%

Error= 0,05

Decisión: Si p es menor 0,05 se rechaza H_0

Prueba

Tabla Nro. 7. Prueba H3

Estadísticos de prueba^a	PromedioHV
U de Mann-Whitney	17,00
W de Wilcoxon	72
Z	-2,49
Sig. asintótica (bilateral)	0,013
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,011b

a Variable de agrupación: Grupo de muestras

b No corregido para empates.

Conclusión: el valor de prueba estimó un p valor menor a 0,05 ($p=0,00$) por tanto, se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 3).

8. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó la microdureza de Vickers de 30 discos de ionómero híbrido (Vitremer 3M), divididos en 3 grupos de trabajo con 10 muestras cada uno, el grupo 1 fue el grupo control, el grupo 2 fue expuesto por cuatro minutos a gel fluorfosfato acidulado al 1.23% (FFA) y el grupo 3 fue sumergido por cuatro minutos en gel fluoruro de sodio neutro al 2% (NNaF).

Los resultados que se encontraron en la investigación comprobaron que, al evaluar la microdureza de un ionómero de vidrio modificado con resina existe una disminución en los valores de microdureza de las muestras, al compararse entre el grupo de control que no recibió aplicación de fluoruros frente al grupo que se expuso al gel de fluorfosfato acidulado al 1.23%.

Lo que concuerda con el estudio de Robles et al,⁽⁸⁾ el cual evidencian una disminución significativa de pérdida de dureza de las muestras de ionómero de vidrio híbrido (Vitremer 3M) al aplicar la misma sustancia, de la misma forma se muestran similitudes con el estudio de Veloz et al,⁽⁹⁾ en un ionómero de vidrio híbrido con una disminución significativa para los valores de microdureza. Así también se muestran resultados que coinciden con la investigación de Turssi et al,⁽¹³⁾ quienes afirman que existe una disminución significativa en los valores de microdureza de muestras de un ionómero de vidrio modificado con resina después de la aplicación del gel indicado, en comparación con otros grupos de estudio los cuales fueron expuestos a agua destilada y fluoruro de sodio al 2%, que no difirieron entre sí.

Con los resultados obtenidos en este estudio se evidenciaron cambios en los valores de microdureza de las muestras de ionómero de vidrio modificado con resina que fueron expuestas al fluoruro de sodio al 2%, presentando una disminución en sus valores con respecto al grupo de control. Consistentes con el estudio de Veloz et al,⁽⁹⁾ quienes indican una disminución similar del grupo que fue aplicado el fluoruro neutro con el grupo de control. De igual manera en el estudio de Turssi et al,⁽¹³⁾ afirman que existió disminución de la microdureza, pero no fue considerable respecto del grupo de control, en cambio el estudio de Robles et al,⁽⁸⁾ muestran valores donde se expone que el grupo sometido al flúor al 2% presenta una disminución significativa de la microdureza con respecto al grupo que no tuvo exposición de geles fluorados.

En el análisis estadístico al comparar los tres grupos de prueba se pudo observar que, el grupo número dos el cual tuvo exposición de fluorfosfato acidulado al 1.23% fue el que más pérdida de microdureza presentó, que a diferencia del grupo número 3 mismo que fue expuesto a fluoruro de sodio neutro al 2% y mostró pérdida de rugosidad en valores menores respecto a las otras muestras.

Estos resultados se mostraron similares al estudio de Turssi et al,⁽¹³⁾ quienes determinaron que, existe mayor degradación de la superficie cuando se aplica gel fluorfosfato acidulado mientras que el grupo que se sumergió en fluoruro de sodio neutro y el grupo de control no muestran diferencias significativas entre sí. Así también lo evidencia Veloz et al,⁽⁹⁾ en su estudio donde afirma que existe pérdida de sustancia mayor al aplicar el gel fluorfosfato acidulado con respecto al grupo de fluoruro de sodio y el grupo de control. Mientras Robles et al⁽⁸⁾ demuestra que al comparar las muestras que recibieron FFA y el grupo que fue expuesto al NNaF presentan un mayor cambio errático en su micromorfología a diferencia con el grupo de control, siendo los discos con FFA los que presentan mayor pérdida de sustancia.

Finalmente los resultados encontrados en este estudio demuestran que el grupo de control 1 conformado por 10 muestras de ionómero de vidrio híbrido (Vitremmer 3M) el que no recibió aplicación de geles fluorados presenta una microdureza de Vickers superficial media de 15.25 Kg/mm²; en tanto el grupo 2, conformado por 10 muestras que fueron aplicadas fluorfosfato acidulado al 1.23% indican una microdureza media de 12.52 Kg/mm², mientras que el grupo 3, conformado por 10 discos que fue sumergido sobre fluoruro de sodio neutro al 2% presenta una microdureza de Vickers media de 13.22 Kg/mm². Al comparar estos resultados entre las muestras que recibieron la aplicación de geles fluorados y las muestras que no recibieron sustancias, se encuentran diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los discos que no fueron expuestos a geles fluorados y el grupo que recibió aplicación de fluorfosfato acidulado al 1.23% y fluoruro de sodio neutro al 2%, demostrando una disminución en su microdureza.

Concordando con el estudio de Dionysopoulos et al,⁽⁷⁾ quien declaran que encontraron una reducción en los valores de dureza, teniendo como base 22.75 Kg/mm² disminuyendo al aplicar FFA a un valor de 17.89Kg/mm², mientras que al sumergir las muestras en NNaF no tuvo mayor disminución a diferencia del fluorfosfato acidulado presentando un valor de 20.33 Kg/mm², lo que es indicativo de degradación de la superficie al aplicar estos geles

fluorados. Así también lo evidencia Robles et al⁽⁸⁾ quienes afirman que existe pérdida de sustancia significativa al aplicar el fluorfosfato acidulado al 1.23% y el fluoruro neutro al 2% sobre los discos de ionómero de vidrio modificado con resina teniendo al inicio una microdureza de 31.32 Kg/mm² disminuyendo su resistencia a 26.35 Kg/mm² cuando se aplicó FFA y un 28.15 Kg/mm² cuando fue aplicado el gel NNaF.

Investigaciones realizadas por Conceição et al, ⁽³³⁾ quienes hicieron un estudio en el cual se mide la rugosidad superficial de un material ionomérico a través de la técnica de barrido microscópico al aplicar geles fluorados con 12 muestras en tres grupos de 4 discos presentaron resultados de 24.2 SEM en el grupo de control, 36.0SEM para el grupo al que se aplicó fluorfosfato acidulado y 31.5 SEM para las muestras expuestas al fluoruro de sodio neutro determinando que los geles probados fueron capaces de causar erosión o incluso promover la ruptura del ionómero concordando con nuestro estudio; De la misma manera Ong et al,⁽¹¹⁾ en estudio similar con 120 muestras divididos en tres grupos de trabajo determinaron una rugosidad inicial de 0.70 SEM, al aplicar FFA presenta 1.65 SEM y al exponer a las muestras a NNaF su rugosidad es de 1.49 SEM; concordando los dos estudios con la investigación presente en cuando existe una pérdida de sustancia del material al aplicar geles fluorados.

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2) ($p=0,00$); de igual manera entre los valores de HV del grupo de control (Grupo 1) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 2) ($p=0,00$), y finalmente se observó diferencias estadísticamente significativas entre los valores de HV de fluorfosfato acidulado al 1,23% (Grupo 2) y el grupo de muestras de fluoruro de sodio neutro al 2% (Grupo 3) ($p=0,00$).

Por lo tanto los resultados obtenidos nos permiten apreciar que clínicamente, la aplicación tópica de geles fluorados puede acelerar la degradación de la superficie de los materiales de restauración. Las superficies alteradas pueden ablandarse y erosionarse más fácilmente bajo condiciones químicas y físicas intraorales. Los márgenes gingivales rugosos de las restauraciones puede permitir un aumento de las acumulaciones bacterianas que contribuyen a la gingivitis, y este a su vez conllevaría el fracaso clínico por falta de instrucción en cuanto a la aplicación de estas sustancias. De tal manera se sugiere continuar con más estudios que

permitan determinar el factor principal que conlleva a la pérdida de resistencia y de esta manera seguir instruyendo al profesional.

9. CONCLUSIONES

- Se analizó que la microdureza del ionómero de vidrio híbrido sometido al fluorfosfato acidulado al 1.23% disminuyó sus valores de microdureza a 12.52 Kg/mm², después de estar en contacto por 4 minutos, pues inicialmente presentó un valor de 15.25 Kg/mm², lo cual está directamente relacionado con problemas de rugosidad superficial y pérdida de sustancia.
- Se estableció que existe una pérdida de microdureza en las muestras de ionómero de vidrio sometidas a un gel de fluoruro de sodio neutro al 2%, lo cual produjo un valor de 13.22 Kg/mm², donde el grupo control obtuvo un valor medio de 15.25 Kg/mm², lo cual establece una relación entre la aplicación de gel fluorado y el incremento de rugosidad del material.
- Se comprobó que en los dos grupos de muestras en los que se aplicó geles fluorados, se produjo una disminución de microdureza en el ionómero de vidrio modificado con resina, siendo el gel FFA el que mayor pérdida de rugosidad generó en los discos, a diferencia del gel NNaF que presentó una disminución de sustancia menor en los objetos del estudio. Comprobando que los geles fluorados pueden causar la degradación, formación de grietas e hinchazón de las superficies que se encuentran restauradas con ionómero de vidrio modificado con resina, ocasionando que el material se vuelva vulnerable a una lesión cariosa o a la fractura del biomaterial.

10. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda evitar el uso del fluorfosfato acidulado en pacientes que presenten superficies de restauraciones con ionómero de vidrio modificado con resina, ya que compromete la resistencia y calidad del material.
- Se recomienda estudiar nuevas técnicas preventivas que permitan la remineralización del dientes sin que se vea afectado las restauraciones presentes, tomando en cuenta que los dos geles fluorados provocan pérdida de sustancia en el ionómero de vidrio hibrido; Se debería evaluar de mejor manera cual es el factor que contrarresta la estabilidad superficial de estas restauraciones.
- Se requiere realizar más estudios de revisión sistémica y metaanálisis que permitan profundizar los vacíos existentes en este tema y evaluar si el tiempo o la concentración del flúor neutro al aplicar sobre restauraciones de ionómero de vidrio modificado con resina, influyen en su pérdida de microdureza, además de estudios in vitro que podrían utilizar otros tipos de flúor que ayuden a identificar y priorizar un criterio de selección, garantizando su aplicación en la práctica clínica.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Flores R. Revisión de estudios sobre dureza superficial de materiales restauradores directos e indirectos realizados en los últimos 30 años en la facultad de estomatología de la universidad peruana cayetano heredia. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2018.
2. Cedillo Valencia J de J. Ionómeros de vidrio remineralizantes: una alternativa de tratamiento preventivo o terapéutico. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2011;68(5):258–65.
3. R. de Guzmán A. Evaluación clínica de un ionómero de vidrio modificado en odontopediatría. *Acta Odontológica Venez.* 2001;39(3):54–68.
4. Carrillo C. Materiales restauradores con desprendimiento de fluoruro y la reincidencia de caries Parte II: Conceptos actuales. *RevADM [Internet].* 2008;65(6):314–21. Available from: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2008/od086g.pdf>
5. Triana R, Prado Milan C, Garro Barrio J, García Godoy F. Effect of APF gel on light-cured glass ionomer cements: an SEM study. *J Clin Pediatry Dent.* 1994;18(2):109–13.
6. Weyant RI, Tracy SL, Anselmo T, Beltrán-Aguilar ED, Donly KJ, Frese WA, et al. Topical fluoride for caries prevention. *J Am Dent Assoc [Internet].* 2013;144(11):1279–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2013.0057>
7. Dionysopoulos P, Gerasimou P, Tolidis K. The effect of home-use fluoride gels on glass-ionomer, compomer and composite resin restorations. *J Oral Rehabil.* 2003;30(7):683–9.
8. Robles E. Efecto del fluorfosfato acidulado en gel al 1,23% y del fluoruro de sodio en gel al 2% en la microdureza del iónomero de vidrio modificado con resina. San Martín de Porres; 2009.
9. Veloz Gutierrez P. Microdureza de KNOOP de un inomero de vidrio hibrido estudio comparativo in vitro de la acción del fluoruro de sodio en gel al 2 % y del fluoruro fosfato acidulado en gel al 1.23%. *DspaceUCE.* Universidad Cental del Ecuador; 2015.

10. Leal SD, Carvalho FS de, Carvalho CAP de. Conhecimento de alunos do Curso de Odontologia sobre o uso racional do flúor. *Rev Odontol da UNESP*. 2015;44(1):51–8.
11. Ong SH, Yoo SH. Surface roughness and chemical composition changes of resin-modified glass ionomer immersed in 0.2% sodium fluoride solution. *J Dent Sci* [Internet]. 2021;16(1):389–96. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.07.002>
12. El-Badrawy WA, McComb D. Effect of Home-Use Fluoride Gels on Resin-modified Glass-Ionomer Cements. *Oper Dent*. 1998;23(1):2–9.
13. Turssi C, Serra M. Effect of fluoride gels on micromorphology of resin-modified glass-ionomer cements and polyacid-modified resin composites. EBSCO [Internet]. 2001;32(7):571–7. Available from: https://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&auth_type=crawler&jrnl=00336572&asa=Y&AN=37298241&h=jyjNSWvHmzPC5C%2B4FirHyqAhjVu%2FWkPoQ4ghb6qafz3B06Fkq%2BVSLAjwMWkbzq3ejfkMeh%2BsJxr5ysRbg9sS9Q%3D%3D&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&r
14. Richards D. Fluoride gel effective at reducing caries in children. *Evid Based Dent*. 2015;16(4):108–9.
15. Marinho VCC, Worthington H V., Walsh T, Chong LY. Fluoride gels for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;1(6):3–14.
16. Hv W, Walsh T, Malley OL, Je C, Macey R, Alam R, et al. Water fluoridation for the prevention of dental caries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;1(6):3–11.
17. Buzalaf MAR, Whitford GM. Fluoride metabolism. *Monogr Oral Sci*. 2011;22:20–36.
18. Ghosh A, Mukherjee K, Ghosh SK, Saha B. Sources and toxicity of fluoride in the environment. *Res Chem Intermed*. 2013;39(7):2881–915.
19. Thippeswamy HM, Nanditha Kumar M, Girish M, Prashanth SN, Shanbhog R. Linear regression approach for predicting fluoride concentrations in maternal serum, urine and cord blood of pregnant women consuming fluoride containing drinking water.

- Clin Epidemiol Glob Heal [Internet]. 2021;10(September 2020):100685. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2020.100685>
20. Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad.* 2013;42(2):179–88.
 21. Written DDS. What is flouride and is it Safe? [Internet]. Healthline. 2019. p. 1–13. Available from: <https://www.healthline.com/health/food-nutrition/is-maltodextrin-bad-for-me>
 22. National Institute of Dental and Craniofacial Research. The Story of Fluoridation [Internet]. National Institute of Dental and Craniofacial Research. 2014. p. 1–6. Available from: <http://www.nidcr.nih.gov/oralhealth/Topics/Fluoride/TheStoryofFluoridation.htm>
 23. Chen G, Hu P, Xu Z, Peng C, Wang Y, Wan X, et al. The beneficial or detrimental fluoride to gut microbiota depends on its dosages. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2021;209(December 2020):111732. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111732>
 24. Kanduti D, Sterbenk P, Artnik and. Fluoride: a Review of Use and Effects on Health. *Mater Socio Medica.* 2016;28(2):133.
 25. Martínez-Mier EA. Fluoride: Its metabolism, toxicity, and role in dental health. *J Evidence-Based Complement Altern Med.* 2012;17(1):28–32.
 26. Ganss C, Hardt M, Lussi A, Cocks AK, Klimek J, Schlueter N. Mechanism of action of tin-containing fluoride solutions as anti-erosive agents in dentine - an in vitro tin-uptake, tissue loss, and scanning electron microscopy study. *Eur J Oral Sci.* 2010;118(4):376–84.
 27. Burnett G, Nehme M, Parkinson C, Karwal R, Badrock T, Thomas GV, et al. A randomised oral fluoride retention study comparing intra-oral kinetics of fluoride-containing dentifrices before and after dietary acid exposure. *Arch Oral Biol* [Internet]. 2020;119:104891. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2020.104891>
 28. Gao SS, Chen KJ, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Arresting early childhood caries using silver and fluoride products – A randomised trial. *J Dent.*

- 2020;103.
29. Tenuta LMA, Cury JA. Fluoride: Its role in dentistry. *Braz Oral Res.* 2010;24(SUPPL. 1):9–17.
 30. Ga Y, Okamoto Y, Matsuya S. Assessment of Vickers hardness, microstructure, and surface roughness of dentin after initial dissolution by acidulated phosphate-fluoride. *Pediatr Dent J* [Internet]. 2012;22(1):64–71. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0917-2394\(12\)70254-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0917-2394(12)70254-9)
 31. Yeh ST, Wang HT, Liao HY, Su SL, Chang CC, Kao HC, et al. The roughness, microhardness, and surface analysis of nanocomposites after application of topical fluoride gels. *Dent Mater* [Internet]. 2011;27(2):187–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.013>
 32. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, et al. Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions: A report from the American Dental Association. *J Am Dent Assoc.* 2018;149(10):837-849.e19.
 33. Conceição JM, Delbem ACB, Danelon M, Da Camara DM, Wiegand A, Pessan JP. Fluoride gel supplemented with sodium hexametaphosphate reduces enamel erosive wear in situ. *J Dent* [Internet]. 2015;43(10):1255–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2015.08.006>
 34. Walther C, Kreibohm M, Paris S, Meyer-Lueckel H, Tschoppe P, Wierichs RJ. Effect of NaF, AmF, KF gels and NaF toothpaste combined with a saliva substitute on dentin lesions in vitro. *Clin Oral Investig.* 2019;23(5):2489–96.
 35. Chen J, Zhao Q, Peng J, Yang X, Yu D, Zhao W. Antibacterial and mechanical properties of reduced graphene-silver nanoparticle nanocomposite modified glass ionomer cements. *J Dent* [Internet]. 2020;96:103332. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103332>
 36. Opsahl-vital S. Intervention minimale en cariologie. La place des ciments verre ionomère. *Odontol ultraconservatrice.* 2012;23(3):235–42.
 37. Bougrier C. Odontologie conservatrice et en protheses these pour le diplome d ' etat de docteur en chirurgie dentaire Présentée et soutenue publiquement par Cécile

BOUGRIER Assesseur. UNIVERSITE DE NANTES UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D ' ODONTOLOGIE ANNEE; 2011.

38. Gurgan S, Kutuk ZB, Yalcin Cakir F, Ergin E. A randomized controlled 10 years follow up of a glass ionomer restorative material in class I and class II cavities. *J Dent* [Internet]. 2020;94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.07.013>
39. Pagano S, Chieruzzi M, Balloni S, Lombardo G, Torre L, Bodo M, et al. Biological, thermal and mechanical characterization of modified glass ionomer cements: The role of nanohydroxyapatite, ciprofloxacin and zinc L-carnosine. *Mater Sci Eng C*. 2019;94(August 2018):76–85.
40. Al-Khureif AA, Mohamed BA, Al-Shehri AM, Khan AA, Divakar DD. Bond assessment of resin modified glass ionomer cement to dentin conditioned with photosensitizers, laser and conventional regimes. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2020;30(March):1. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101795>
41. Moshaverinia M, Navas A, Jahedmanesh N, Shah KC, Moshaverinia A, Ansari S. Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;122(2):154–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.03.012>
42. Manso AP, Chander K, Campbell KM, Palma-Dibb RG, Carvalho RM. Effects of aging on shear bond strength to dentin and mechanical properties of restorative glass ionomer cements. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2020;102(July):102693. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102693>
43. Tanaka CB, Ershad F, Ellakwa A, Kruzic JJ. Fiber reinforcement of a resin modified glass ionomer cement. *Dent Mater* [Internet]. 2020;36(12):1516–23. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.09.003>
44. Thongbai-on N, Banomyong D. Flexural strengths and porosities of coated or uncoated, high powder-liquid and resin-modified glass ionomer cements. *J Dent Sci* [Internet]. 2020;15(4):433–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.02.004>
45. Alirezai M, Bagherian A, Sarraf Shirazi A. Glass ionomer cements as fissure sealing materials: yes or no?: A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*

- [Internet]. 2018;149(7):640-649.e9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.adaaj.2018.02.001>
46. Bezerra IM, Brito ACM, de Sousa SA, Santiago BM, Cavalcanti YW, de Almeida L de FD. Glass ionomer cements compared with composite resin in restoration of noncarious cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2020;6(5).
 47. Hassan MM. Glass Ionomer Cements May Be Used as an Alternative to Composite Resins in Class II (CL II) Restoration of Primary Molars. *J Evid Based Dent Pract* [Internet]. 2020;20(2):101437. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2020.101437>
 48. Kielbassa AM, Oehme EP, Shakavets N, Wolgin M. In vitro wear of (resin-coated) high-viscosity glass ionomer cements and glass hybrid restorative systems. *J Dent* [Internet]. 2021;105:103554. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103554>
 49. Alatawi RAS, Elsayed NH, Mohamed WS. Influence of hydroxyapatite nanoparticles on the properties of glass ionomer cement. *J Mater Res Technol* [Internet]. 2019;8(1):344–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.01.010>
 50. Alshahrani A, Abrar E, Maawadh AM, Al-Hamdan RS, Almohareb T, AlFawaz Y, et al. Management of caries affected dentin (CAD) with resin modified glass ionomer cement (RMGIC) in the presence of different caries disinfectants and photosensitizers. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2020;32(August):101978. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101978>
 51. Clinicas O, Laboratorio O, Servicio O, Outlet Z, Races P. Vitremer indicaciones. 2014.
 52. Shahdad SA, McCabe JF, Bull S, Rusby S, Wassell RW. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dent Mater*. 2007;23(9):1079–85.
 53. Industry G, Testing IH, Smallman RE. *Microhardness Testing Characterization and Analysis*. 2016;
 54. INEN-iSO. NTE INEN-ISO 4049. 2009.

12. ANEXOS

Anexo 1. Certificado de autorización para ejecución de proyecto de investigación en la “Escuela Politécnica Nacional”



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
LABORATORIO DE METALOGRAFÍA
DESGASTE Y FALLA



Quito, 04 de Junio del 2021

CERTIFICADO

A quien interese:

Por medio de la presente certifico que la señorita ROSA ELIZABETH MUÑOZ JARAMILLO, portador de la cédula de identidad N° 1723839864, estudiante de pregrado de la Carrera de Odontología de la Universidad Nacional del Chimborazo (UNACH), realizó el ensayo de micro-dureza a 30 muestras, divididos en 3 grupos de 10 probetas cada uno, en el laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla; perteneciente a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, como se describe en el informe de ensayo N° P0432-21, como complemento a su proyecto de investigación cuyo tema es: “**MICRODUREZA VICKERS DE UN IONÓMERO DE VIDRIO HIBRIDO FRENTE A LA ACCIÓN DE GELES FLUORADOS AL 1.23% Y 2%**”.


La Srta. ROSA ELIZABETH MUÑOZ JARAMILLO, puede hacer uso del presente certificado según le convenga.

Atentamente,

Ing. Carlos Díaz
Jefe del Laboratorio de Metalografía
Desgaste y Falla



Anexo 2. Informe de resultados

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión:	000	
	INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21	Fecha:	09/09/2019	
		Página:	Pág. 1 de 19	
		RT-LMDF-0701		

INFORME DE RESULTADOS N°. P0432-21

Información General

Cliente / Empresa/ Entidad:	Universidad Nacional del Chimborazo (UNACH)		
	Carrera de Odontología		
Persona de contacto:	Srta. Rosa Elizabeth Muñoz Jaramillo		
Teléfono:	0999925137	E-mail:	rmunoz.f50@unach.edu.ec
Muestras suministradas por:	Srta. Rosa Elizabeth Muñoz	Fecha de recepción de muestra:	10/05/2021
Fecha de emisión de Informe:	04/06/2021	Fecha/ plan y método de muestreo:	N/A
Fecha de inicio de ensayo:	18/05/2021	Fecha de fin de ensayo:	04/06/2021

1. ANTECEDENTES.

Se recibe en el Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla de la Escuela Politécnica Nacional, 30 muestras (en 3 grupos de 10), para realizar ensayo de micro-dureza complementarios al estudio de "Microdureza vickers de un ionómero de vidrio híbrido frente a la acción de geles fluorados al 1.23% y 2%", en la superficie preparada por el cliente. Fotografías N° 1, N° 2 y N° 3.

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS.

Las muestras entregadas al LMDF, se identifica de la siguiente manera. Tabla 1:

Tabla 1. Identificación de la muestra entregada al laboratorio.

Ítem	Codificación LMDF	Cantidad	Lote/ Codificación del cliente
1	21 – 025-P1-GR1	1	P1-GR1- CONTROL
2	21 – 025-P2-GR1	1	P2-GR1- CONTROL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador



	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	
		Fecha: 09/09/2019	
	INFORME DE RESULTADOS	Página: Pág. 2 de 19	
	Nº P0432-21	RT-LMDF-0701	

3	21 - 025-P3-GR1	1	P3-GR1- CONTROL
4	21 - 025-P4-GR1	1	P4-GR1- CONTROL
5	21 - 025-P5-GR1	1	P5-GR1- CONTROL
6	21 - 025-P6-GR1	1	P6-GR1- CONTROL
7	21 - 025-P7-GR1	1	P7-GR1- CONTROL
8	21 - 025-P8-GR1	1	P8-GR1- CONTROL
9	21 - 025-P9-GR1	1	P9-GR1- CONTROL
10	21 - 025-P10-GR1	1	P10-GR1- CONTROL
11	21 - 025-P1-GR2	1	P1-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
12	21 - 025-P2-GR2	1	P2-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
13	21 - 025-P3-GR2	1	P3-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
14	21 - 025-P4-GR2	1	P4-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
15	21 - 025-P5-GR2	1	P5-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
16	21 - 025-P6-GR2	1	P-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
17	21 - 025-P7-GR2	1	P7-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
18	21 - 025-P8-GR2	1	P8-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
19	21 - 025-P9-GR2	1	P9-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
20	21 - 025-P10-GR2	1	P10-GR2- FLÚOR-FOSFATO ACIDO AL 1,23%
21	21 - 025-P1-GR3	1	P1-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
22	21 - 025-P2-GR3	1	P2-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
23	21 - 025-P3-GR3	1	P3-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
24	21 - 025-P4-GR3	1	P4-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caramaño - Edificio N°44
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador



	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	
		Fecha: 09/09/2019	
	INFORME DE RESULTADOS	Página: Pág. 3 de 19	
	N° P0432-21	RT-LMDF-0701	

25	21 – 025-P5-GR3	1	P5-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
26	21 – 025-P6-GR3	1	P6-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
27	21 – 025-P7-GR3	1	P7-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
28	21 – 025-P8-GR3	1	P8-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
29	21 – 025-P9-GR3	1	P9-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%
30	21 – 025-P10-GR3	1	P10-GR3- FLÚOR-NEUTRO AL 2%

3. PARÁMETRO DEL ENSAYO:

El ensayo se realizó en el equipo DUROLINE-M, marca METKON, se basa en la especificación de la norma ASTM E384 – 17. En donde:

- a. Los elementos fueron entregados con una de las superficies planas, paralelas y limpias para realizar el ensayo.
- b. La fuerza de ensayo aplicada corresponde a 200 gf, durante 15 s, a temperatura ambiente.
- c. Se utilizó un penetrador Vickers.
- d. Se realizó por cada probeta dos indentaciones.
- e. Para los grupos 2 y 3 antes de realizar los ensayos, a petición del cliente, las probetas fueron sometidas al flúor correspondiente por aproximadamente 4 min y se las enjuagó con agua corriente, para proceder con el ensayo solicitado.
- f. Las medidas se realizaron a un aumento de 100X en el equipo DUROLINE-M.

4. RESULTADOS DEL ENSAYO:



Los resultados de ensayo se muestran a continuación:





Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño, Edificio N°14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000
		Fecha: 09/09/2019
INFORME DE RESULTADOS Nº P0432-21		Página: Pág. 4 de 19
		RT-LMDF-0701
		

21 – 025-P1-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 1 GR1	Date	31/05/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ext	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	14,05	161,12	163,76	162,44	
D2	-	13,89	166,70	161,10	163,90	
Mean	0,00	13,97	163,41	162,43	163,32	0,00
Signed by:			Unit			µm
						

21 – 025-P2-GR1

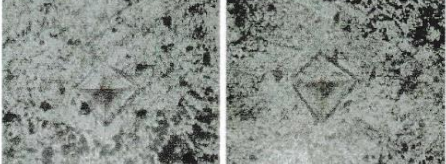
Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 2-GR1	Date	31/05/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ext	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	15,05	155,39	144,65	152,52	
D2	-	17,07	151,34	143,42	147,38	
Mean	0,00	15,56	155,37	144,04	149,70	0,00
Signed by:			Unit			µm
						



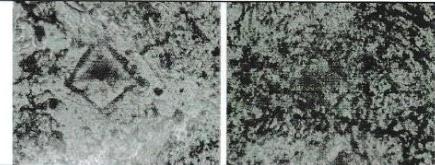
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Camaño - Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	 LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DESGASTE Y FALLA DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
		Fecha: 09/09/2019	
Página: Pág. 5 de 19	RT-LMDF-0701		
INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21			

21 – 025-P3-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 3- GR1		Date	31/05/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PROANO		Ent.	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	15,00	156,12	156,33	157,25	
O2	-	14,52	166,97	162,64	159,81	
Mean	0,00	14,76	162,55	154,51	156,53	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

21 – 025-P4-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 4- GR1		Date	31/05/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PROANO		Ent.	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	13,79	166,21	161,69	164,05	
O2	-	13,37	177,86	155,10	163,46	
Mean	0,00	13,53	169,34	158,50	163,77	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

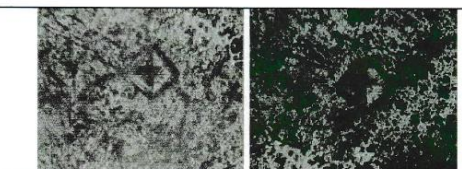


Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

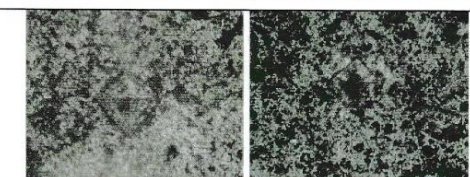
	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000
		Fecha: 09/09/2019
	INFORME DE RESULTADOS Nº P0432-21	Página: Pág. 6 de 19 RT-LMDF-0701




21 - 025-P5-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 5-GR1	Date	31/05/2021			
Material	ICÓNOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent.	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	18,75	148,88	151,75	148,75	
O2	-	17,85	136,88	150,00	144,50	
Mean	0,00	17,30	142,87	150,85	146,66	0,00
Signed by:	Unit:		µm			
						


21 - 025-P6-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 5- GR1	Date	31/05/2021			
Material	ICÓNOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent.	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	14,58	168,96	153,01	159,49	
O2	-	17,44	148,61	148,04	148,32	
Mean	0,00	16,01	158,29	149,02	152,56	0,00
Signed by:	Unit:		µm			
						




	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	Revisión:	000	 LABORATORIO DE METALOGRAFÍA DESGASTE Y FALLA DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
	Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Fecha:	09/09/2019	
	INFORME DE RESULTADOS	Página:	Pág. 7 de 19	
N° P0432-21		RT-LMDF-0701		

21 - 025-P7-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 7-GR1	Date	31.05.2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	14,45	159,75	160,66	160,20	
O2	-	15,17	147,97	154,72	156,34	
Mean	0,00	14,81	153,86	162,69	158,27	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						



21 - 025-P8-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 8-GR1	Date	31.05.2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	14,33	162,31	159,44	160,88	
O2	-	14,38	163,80	151,31	157,46	
Mean	0,00	14,66	162,96	155,38	159,17	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						


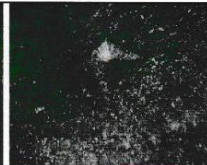


	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000 Fecha: 09/09/2019 Página: Pág. 8 de 19	 LABORATORIO DE METALOGRAFIA DESGASTE Y FALLA DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
	INFORME DE RESULTADOS	RT-LMDF-0701	
	N° P0432-21		

21 - 025-P9-GR1

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 9-GR1		Date	31/05/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PROANO		Ent	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	15,61	158,06	150,19	154,13	
O2	-	17,72	151,93	137,42	144,67	
Mean: 0,00 16,67 155,00 143,81 145,40 0,00						
Signed by: _____ Unit: _____ µm						
						

21 - 025-P10-GR1

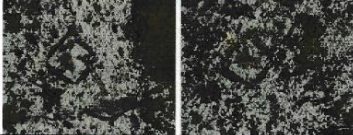
Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 10-GR1		Date	31/05/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PROANO		Ent	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	14,68	172,16	126,78	158,84	
O2	-	13,34	168,21	158,27	166,74	
Mean: 0,00 14,01 170,16 158,53 162,84 0,00						
Signed by: _____ Unit: _____ µm						
						




Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" - Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	 DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
		Fecha: 09/09/2019	
INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21	Página: Pág. 12 de 19 RT-LMDF-0701		

21 – 025-P7-GR2

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 7-GR2	Date	03/06/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Eht	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	12,96	167,14	171,14	169,14	
D2	-	12,56	168,88	174,75	171,81	
Mean	D.DD	12,76	168,01	172,95	170,48	0,00
Signed by:			Unit		µm	
						

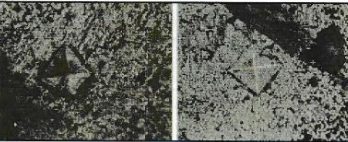
21 – 025-P8-GR2

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 8-GR2	Date	03/06/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Eht	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	11,88	164,58	173,28	178,93	
D2	-	12,08	171,40	179,06	175,23	
Mean	D.DD	11,83	177,99	176,17	177,08	0,00
Signed by:			Unit		µm	
						




	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	
		Fecha: 09/09/2019	
	INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21	Página: Pág. 13 de 19	
		RT-LMDF-0701	

21 - 025-P9-GR2



Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 9-GR2		Date	03/05/2021			
Material	IONOMERO		Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO		Eht	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	12.20	179,09	159,67	174,37		
O2	-	12,01	176,85	174,54	175,70		
Mean	0,00	12,11	177,97	172,11	175,04	0,00	
Signed by:			Unit	µm			
							

21 - 025-P10-GR2


Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 10-GR2		Date	03/05/2021			
Material	IONOMERO		Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO		Eht	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	12,45	154,29	190,32	172,60		
O2	-	11,62	202,18	155,12	178,65		
Mean	0,00	12,04	176,23	173,02	175,63	0,00	
Signed by:			Unit	µm			
							



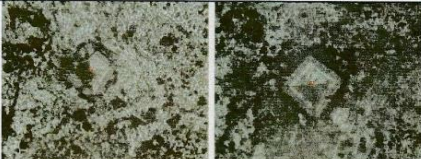
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000 Fecha: 09/09/2019 Página: Pág. 14 de 19	 DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
	INFORME DE RESULTADOS		
	N° P0432-21		
	RT-LMDF-0701		

21 - 025-P1-GR3

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 1-GR3	Date	31/05/2021			
Material	IGNOMERCO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	13,66	160,18	169,29	164,73	
O2	-	13,29	170,29	163,72	167,01	
Mean	0,00	13,48	165,24	166,51	165,87	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

21 - 025-P2-GR3



Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 2-GR3	Date	31/05/2021			
Material	IGNOMERCO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	13,56	167,61	163,08	165,35	
O2	-	13,25	171,24	163,30	167,26	
Mean	0,00	13,41	169,42	163,19	166,31	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N°14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografía@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador





	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	 DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
		Fecha: 09/09/2019	
INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21	Página: Pág. 15 de 19	RT-LMDF-0701	

21 – 025-P3-GR3

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 3-GR3	Date	31/05/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	13,08	167,10	169,62	168,36	
D2	-	13,47	158,21	175,65	166,93	
Mean	0,00	13,28	161,16	173,14	167,15	0,00
Signed by:			Unit		µm	
 						



21 – 025-P4-GR3

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 4- GR3	Date	31/05/2021			
Material	IONOMERO	Load	200			
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1			
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
D1	-	12,89	161,05	158,07	166,56	
D2	-	12,55	153,13	160,45	171,26	
Mean	0,00	12,73	156,11	159,27	170,95	0,00
Signed by:			Unit		µm	
 						

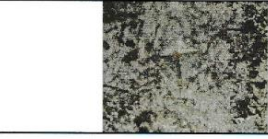



	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	 LABORATORIO DE METALOGRAFIA DESGASTE Y FALLA DEPARTAMENTO DE MATERIALES ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
		Fecha: 09/09/2019	
Página: Pág. 16 de 19			
INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21		RT-LMDF-0701	

21 - 025-P5-GR3

Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 5-GR3			Date	31/05/2021		
Material	IONOMERO			Load	200		
Reported by	PATRICIA PRCANO			Emt	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	13,79	171,81	156,12	163,56		
O2	-	13,90	166,70	150,93	163,31		
Mean	0,00	13,85	169,75	158,53	163,54	0,00	
Signed by:				Unit	µm		
							

21 - 025-P6-GR3

Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 5-GR3			Date	02/05/2021		
Material	IONOMERO			Load	200		
Reported by	PATRICIA PRCANO			Emt	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	13,86	174,82	154,88	164,75		
O3	-	13,29	177,12	157,00	167,06		
Mean	0,00	13,48	176,02	155,79	165,91	0,00	
Signed by:				Unit	µm		
							



Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N°14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador

	<p>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)</p>	Revisión: 000	
		Fecha: 09/09/2019	
	Página: Pág. 17 de 19		
	INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21	RT-LMDF-0701	

21 – 025-P7-GR3

Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 7- GR3	Date	02/06/2021				
Material	IONÓMERO	Load	200				
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1				
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	12,31	185,55	181,50	173,53		
O2	-	11,92	194,30	158,50	176,40		
Mean	0,00	12,12	189,93	160,00	174,97	0,00	
Signed by:	Unit		μm				

21 – 025-P8-GR3


Micro Hardness Analysis Report							
Sample	PROBETA 8- GR3	Date	02/06/2021				
Material	IONÓMERO	Load	200				
Reported by	PATRICIA PROANO	Ent	1				
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth	
O1	-	13,51	181,43	149,53	165,68		
O2	-	12,00	195,78	155,80	175,79		
Mean	0,00	12,76	188,61	152,67	170,74	0,00	
Signed by:	Unit		μm				

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N°14
PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
Quito-Ecuador

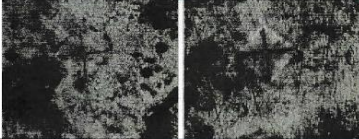


	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000	
		Fecha: 09/09/2019	
INFORME DE RESULTADOS N° P0432-21		Página: Pág. 18 de 19	RT-LMDF-0701

21 - 025-P9-GR3

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 9 - GR 3		Date	02/05/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PRDANO		Ent	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	13,71	150,29	178,54	164,45	
O2	-	13,45	160,89	171,45	165,07	
Mean	0,00	13,58	155,49	175,06	165,27	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

21 - 025-P10-GR3

Micro Hardness Analysis Report						
Sample	PROBETA 10 - GR 3		Date	02/06/2021		
Material	IONOMERO		Load	200		
Reported by	PATRICIA PRDANO		Ent	1		
Label	HRC	HV	D1	D2	Mean Diagonal	Depth
O1	-	13,32	161,87	164,72	163,15	
O2	-	13,35	167,85	165,41	165,63	
Mean	0,00	13,64	164,76	165,07	164,91	0,00
Signed by:			Unit	µm		
						

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" -Calle Isabela Católica S/N y Alfredo Mena Caamaño - Edificio N° 14
 PB RUC: 1760005620001 - Tel. (593 - 2) 2 976 300 Ext. 3010/3011 E-mail: metalografia@epn.edu.ec
 Quito-Ecuador



	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla (LMDF)	Revisión: 000 Fecha: 09/09/2019 Página: Pág. 19 de 19	
	INFORME DE RESULTADOS	RT-LMDF-0701	
	N° P0432-21		

DECLARATORIA:

Los resultados de este informe, se aplican al objeto de ensayo como se recibió y son exclusivos del mismo. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcialmente, excepto cuando se reproduzca en su totalidad y con aprobación escrita del LMDF. Los ensayos solicitados se han realizado en las instalaciones del LMDF. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcialmente, excepto cuando se reproduzca en su totalidad y con aprobación escrita del LMDF. Los ensayos solicitados se han realizado en las instalaciones del LMDF.

Nota: Se anexan 3 Fotografías.

Atentamente:

Elaborado por:



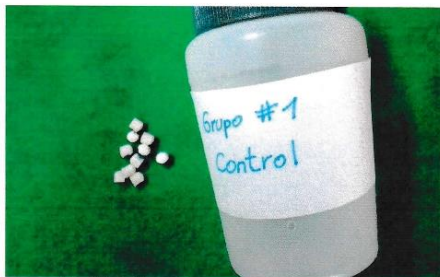
Ing. Patricia Proaño
 Especialista del Laboratorio de Metalografía,
 Desgaste y Falla.

Revisado por:

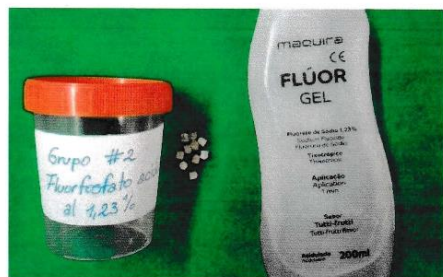



Ing. Carlos Draz
 Jefe del Laboratorio de Metalografía,
 Desgaste y Falla.

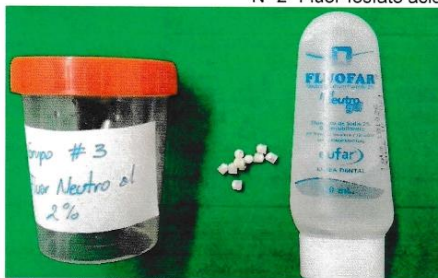
ANEXO



Fotografía N° 1. Muestras entregadas al Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla. Grupo N° 1 "Control".



Fotografía N° 2. Muestras entregadas al Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla. Grupo N° 2 "Fluor-fosfato ácido al 1,23%".



Fotografía N° 3. Muestras entregadas al Laboratorio de Metalografía Desgaste y Falla. Grupo N° 2 "Fluor-neutro al 2%".