

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO DE CIENCIAS DE LA SALUD – ODONTOLOGÍA

**COMPARACION DE LA FUERZA DE ADHESION ENTRE EL IONOMERO DE
VIDRIO (VITREMER) Y LA RESINA COMPUESTA, CON Y SIN GRABADO
ACIDO**

Thaís Gabriela Chávez Romero

Sofía Mantilla, Dra.,

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Odontóloga

Quito, diciembre 2014

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias de la Salud – Odontología**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Comparación de la fuerza de adhesión entre el ionómero de
vidrio (Vitremmer) y la resina compuesta, con y sin grabado ácido**

Thaís Gabriela Chávez Romero

Sofía Mantilla, Dra.
Directora de Tesis

.....

María Eugenia Browne, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Dicson Andrade, Dr.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Cristina Burbano, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Fernando Sandoval V, Dr.
Decano del Colegio de
Odontología

.....

Quito, diciembre 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Thaís Gabriela Chávez Romero

C. I: 1719189134

Quito, diciembre 2014

AGRADECIMIENTO:

A mi padre, madre y hermana; que han estado para mí en todo momento, por haber hecho de mí la persona que soy ahora, por enseñarme a cumplir con mis metas y a cada día superarme a mí misma tanto en la vida profesional como personal.

A mis amigos, los que han entrado y salido de mi vida, que sin ellos mi vida no estaría llena de sonrisas y recuerdos inolvidables que persistirán en mí un largo tiempo, por apoyarme tanto en los momentos felices como en los difíciles y por permitirme seguir llenando mi vida de nuevas aventuras.

A mis profesores, entre ellos a mi tutora Sofía Mantilla, y Johanna Monar quienes me han apoyado y guiado con su gran sabiduría durante esta gran etapa de mi vida.

DEDICATORIA:

A mis padres, quienes han aportado a mi vida con valiosas enseñanzas, las cuales me ayudarán a ser una mejor persona a lo largo de esta gran aventura a la cual llamamos vida.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es determinar si la utilización del grabado ácido sobre el ionómero de vidrio (Vitremmer) mejora la fuerza de adhesión en cizalla con la resina compuesta.

Se analizaron 30 muestras, cada muestra está conformada por un bloque cilíndrico de acrílico con 4 cm de alto y 2 cm de diámetro que sirvió como base de la muestra, sobre el acrílico se colocó una incrustación de ionómero de vidrio (Vitremmer) que tenga 2mm de grosor y 12 mm de diámetro. Una vez hechas estas 30 muestras se separaron en tres grupos de 10. En el primer grupo se procedió a realizar una restauración sin la utilización del ácido fosfórico, se aplicó 2 capas de adhesivo sobre el ionómero de vidrio y posteriormente se colocó 3mm de resina compuesta. En el segundo grupo se colocó ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos sobre el ionómero de vidrio previo a la colocación adhesivo y de la resina, y finalmente en el tercer grupo se colocó ácido fosfórico durante 30 segundos. Las muestras fueron almacenadas en agua a 37°C durante 5 días antes de ser sometidas a pruebas de cizalla. La fuerza de adhesión fue calculada en megapascuales y analizada con un análisis de 3 grupos. Los promedios fueron comparados con los métodos de Bonferroni y de Tukey Kramer, calculado a un nivel de significancia de 0.05.

Del total de muestras analizadas, el grupo 1 obtuvo un promedio de 4.73 MPa siendo el grupo con mayor fuerza registrada, seguido por el grupo 2 con un promedio de 4.36 MPa y finalmente el grupo 3 con menor fuerza registrada con un promedio de 3.90 MPa. Al realizar los análisis estadísticos se obtuvieron resultados en los que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos. En la prueba de igualdad de varianzas del test de Boferroni los tres grupos presentaron un valor de 1.000 el cual es mayor a 0.05 por lo que no son significativos. En cuanto test de Tukey Kramer, se realizó un estudio comparativo entre los tres grupos y se obtuvo que el grupo 1 vs. grupo 2 presentó un valor de 0.922, el grupo 1 vs. grupo 3 presentó un valor de 0.665 y finalmente el grupo 2 vs. grupo 3 presentó un valor de 0.880. Por lo tanto, los tres grupos tuvieron valores mayores a 0.05, lo cual determina que no son diferentes significativamente.

Se llegó a la conclusión que el uso del ácido fosfórico sobre el ionómero de vidrio (Vitremmer) puede o no ser omitido en un procedimiento operatorio utilizando resina compuesta.

PALABRAS CLAVE: Ionómero de vidrio, resina compuesta, caries, grabado ácido, adhesión.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine whether the use of acid etching on glass ionomer (Vitremer) improves the shear bond strength to the composite.

30 samples were tested, each sample is formed by a cylindrical block of acrylic 4 cm high and 2 cm in diameter which formed the basis of the sample, on the inlay acrylic glass ionomer (Vitremer) having placed 2mm thickness and 12 mm in diameter. The 30 samples they were separated into three groups of 10 each. In the first group, the restoration was made without the use of phosphoric acid, 2 layers of adhesive on the glass ionomer was applied and subsequently placed 3mm of Composite. In the second group, 35% phosphoric acid was placed during 15 seconds over the glass ionomer prior to placement of the adhesive and resin, and finally in the third group was placed phosphoric acid for 30 seconds. The samples were stored in water at 37 ° C for 5 days before being failed in shear. The adhesion strength was calculated in megapascals and analyzed with an analysis of 3 groups. The averages were compared with the methods of Bonferroni and Tukey Kramer, calculated at a significance level of 0.05.

Of the total samples analyzed, group 1 had an average of 4.73 MPa being the group with the most high values of resistance registered, followed by group 2 with an average of 4.36 MPa and finally group 3 with less force recorded with an average of 3.90 MPa. When performing statistical analyzes, there were no statistically significant differences among the three groups were obtained. In the test of equal variances Bonferroni the three groups showed a value of 1.000 which is greater than 0.05 so they are not significant. In the test of Tukey Kramer, a comparative study was conducted among the three groups was obtained that the group 1 vs. group 2 had a value of 0.922, group 1 vs. Group 3 presented a value of 0.665 and finally group 2 vs. group 3 presented a value of 0.880. Therefore, all three groups had higher values than 0.05, which are not determined to be significantly different.

It is concluded that the use of phosphoric acid on the glass ionomer (Vitremer) may or may not be omitted in an operative procedure using composite.

KEY WORDS: Glass ionómero, Composite resin, caries, acid etching, adhesion.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTO:	9
DEDICATORIA:	10
1. INTRODUCCIÓN:	17
2. OBJETIVO GENERAL:	18
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	18
4. HIPÓTESIS	19
5. MARCO TEÓRICO	20
5.1. Caries Dental	20
5.1.1. <i>Definición</i>	20
5.1.2. <i>Etiología</i>	20
5.1.3. <i>Valoración del Riesgo de Caries</i>	22
5.1.4. <i>Formato de Valoración de riesgo de Caries</i>	23
5.1.5. <i>Microbiología de la Caries Dental</i>	23
5.2. Ionómero de Vidrio	26
5.2.1. <i>Definición</i>	26
5.2.2. <i>Composición</i>	26
5.2.3. <i>Clasificación</i>	27
5.2.4. <i>Reacción química</i>	30
5.2.5. <i>Biocompatibilidad</i>	31
5.2.6. <i>Adhesión</i>	31
5.2.7. <i>Preparación de mezcla</i>	32
5.2.8. <i>Propiedades Mecánicas</i>	32
5.2.9. <i>Ventajas y desventajas de los Ionómeros de Vidrio</i>	33

5.2.10.	<i>Consideraciones Clínicas</i>	35
5.3.	<i>Resinas Compuestas</i>	35
5.3.1.	<i>Definición</i>	35
5.3.2.	<i>Origen</i>	35
5.3.3.	<i>Composición</i>	36
5.3.4.	<i>Biocompatibilidad</i>	37
5.3.5.	<i>Reacción/Interacción con esmalte</i>	38
5.3.6.	<i>Reacción/Interacción con la dentina</i>	39
5.3.7.	<i>Ventajas/ desventajas</i>	40
5.4.	<i>Grabado ácido con ácido fosfórico</i>	41
5.4.1.	<i>Definición</i>	41
5.4.2.	<i>Mecanismo de acción del ácido fosfórico</i>	41
5.4.3.	<i>Indicaciones y contraindicaciones</i>	42
5.4.4.	<i>Ventajas/desventajas con ácido fosfórico</i>	43
5.4.5.	<i>Técnica de grabado ácido en el esmalte</i>	44
5.4.6.	<i>Grabado ácido en la dentina</i>	44
5.5.	<i>Sistema de Adhesión</i>	45
5.5.1.	<i>Adhesión</i>	45
5.5.2.	<i>Cohesión</i>	45
5.5.3.	<i>Tipos de adhesión</i>	46
5.5.4.	<i>Requisitos de un adhesivo</i>	46
5.5.5.	<i>Requisitos de la superficie</i>	47
5.5.6.	<i>Sistemas de adhesión</i>	47
5.5.7.	<i>Adhesión a esmalte</i>	47
5.5.8.	<i>Adhesión a dentina/cemento</i>	48

5.5.9.	<i>Adhesión entre Ionómero de Vidrio y Resina compuesta</i>	48
6.	METODOLOGÍA	50
a)	Tipo de estudio	50
	<i>Muestra:</i>	50
b)	Criterios de Inclusión y Exclusión	50
	<i>Criterios de Inclusión</i>	50
	<i>Criterios de Exclusión</i>	50
c)	Materiales e Instrumentos.....	51
d)	Procedimiento	51
7.	RESULTADOS:	57
7.1.	Fuerza de las muestras analizadas	57
7.2.	Prueba de supuestos.....	61
	7.2.1. <i>Prueba de normalidad de los grupos</i>	62
	7.2.2. <i>Igualdad de varianzas entre grupos</i>	67
7.3.	Test de Bonferroni	69
7.4.	Test de Tukey-Kramer.....	70
7.5.	Diagrama de Caja y Bigote (Box-plot).....	71
8.	DISCUSIONES	73
9.	CONCLUSIONES	78
10.	RECOMENDACIONES	79
	Bibliografía	81
	ANEXOS	87

Índice de Tablas

Tabla 1: Propiedades representativas del Ionómero de vidrio convencional y del Ionómero de vidrio modificado con resina. (Bona , Pinzetta, & Rosa , 2009).....	33
Tabla 2: Ventajas y desventajas del Ionómero de vidrio. (Lanata, 2003).....	34
Tabla 3: Composición general de las resinas compuestas.....	37
Tabla 4: Fuerza de las muestras analizadas en newtons.	57
Tabla 5: Fuerza de las muestras analizadas en newtons.....	58
Tabla 6: Promedio y desviación estándar de los grupos.....	60
Tabla 7: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #1.....	63
Tabla 8: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #2.....	64
Tabla 9: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #3.....	66
Tabla 10: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #2.....	68
Tabla 11: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #3.....	68
Tabla 12: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #3.....	69
Tabla 13: Comparación de grupos mediante el Test de Bonferroni.	70
Tabla 14: Comparación de grupos mediante el Test de Tukey-Kramer.....	71

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #1 en MPa.....	59
Ilustración 2: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #2 en MPa.	59
Ilustración 3: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #3 en MPa.	60
Ilustración 4: Gráfico de barras de fuerzas de los grupos de estudio.....	61
Ilustración 5: Gráfico P-P plot del grupo #1.....	63
Ilustración 6: Gráfico Q-Q plot del grupo #1.....	64

Ilustración 7: Gráfico P-P plot del grupo #2.....	65
Ilustración 8: Gráfico Q-Q plot del grupo #2.....	65
Ilustración 9: Gráfico P-P plot del grupo #3.....	66
Ilustración 10: Gráfico Q-Q plot del grupo #3.....	67
Ilustración 11: Interpretacion de los datos estudiados mediante diagrama de Caja y Bigote.	73
Ilustración 12: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 13.6 Newtons.	87
Ilustración 13: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 109 Newtons.	87
Ilustración 14: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 135 Newtons.	88
Ilustración 15: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 127 Newtons.	88
Ilustración 16: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 176 Newtons.	89
Ilustración 17: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 96.5 Newtons.	89
Ilustración 18: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 86.2 Newtons.	90
Ilustración 19: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 168 Newtons.	90
Ilustración 20: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 188 Newtons.	91

Ilustración 21: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 1.	
Fuerza máxima registrada 238 Newtons.	91
Ilustración 22: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 115 Newtons.	92
Ilustración 23: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 37.6 Newtons.	92
Ilustración 24: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 104 Newtons.	93
Ilustración 25: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 150 Newtons.	93
Ilustración 26: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 238 Newtons.	94
Ilustración 27: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 49.5 Newtons.	94
Ilustración 28: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 146 Newtons.	95
Ilustración 29: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 104 Newtons.	95
Ilustración 30: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 126 Newtons.	96
Ilustración 31: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 2.	
Fuerza máxima registrada 161 Newtons.	96
Ilustración 32: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 96.5 Newtons.	97

Ilustración 33: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 178 Newtons.	97
Ilustración 34: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 21.3 Newtons.	98
Ilustración 35: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 81.6 Newtons.	98
Ilustración 36: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 225 Newtons.	99
Ilustración 37: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 37.3 Newtons.	99
Ilustración 38: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 99.6 Newtons.	100
Ilustración 39: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 143 Newtons.	100
Ilustración 40: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 88.7 Newtons.	101
Ilustración 41: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 3.	
Fuerza máxima registrada 126 Newtons.	101

Índice de Imágenes

Imagen 1: Etiología de caries dental Adaptado de Marcantoni	21
Imagen 2: Medidas de polvo y líquido del Ionómero de vidrio (Vitremar).	52
Imagen 3: Rodela metálica con diámetro interior de 12 mm para colocar el ionómero.	52
Imagen 4: Moldes metálicos para colocar el ionómero y el acrílico.	53

Imagen 5: Aplicación del adhesivo sobre la superficie del ionómero de vidrio.	54
Imagen 6: Porción de resina que se utilizó (3 mm).	54
Imagen 7: Aplicación del ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio.	55
Imagen 8: Muestras colocadas en agua destilada en la máquina de baño maría a 37°C.	56
Imagen 9: Partes del diagrama de Caja y Bigote.	72

1. INTRODUCCIÓN:

La caries dental, es quizás, la enfermedad más frecuente del ser humano. La incidencia de caries desde hace unos años atrás hasta la actualidad, ha incrementado debido al modo de vida y en sí, a la alimentación. La evolución de esta enfermedad, si no es tratada, da lugar a una pérdida de estructura dentaria que puede llegar a afectar además del esmalte, la dentina e incluso la pulpa.

La operatoria dental es el área encargada de restaurar las piezas dentales que son afectadas por una pérdida de sustancia producida por causas infecciosas, como lo son las caries; y no infecciosas como lo son los traumas, abrasiones, erosiones y abfracciones. (Lanata, 2003)

Se ha desarrollado un material usado como base de cavidades muy profundas, conocido como ionómero de vidrio para base. El ionómero presenta propiedades de protección frente a la reaparición de caries, tiene acción antiséptica, mineralizante y propende a la homeostasis del órgano dentino-pulpar; ayuda a neutralizar la contracción de la resina gracias a la elasticidad que brinda, asemejándose a las propiedades de la dentina. (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012)

Los ionómeros de vidrio se endurecen mediante la reacción ácido-base, esta reacción se produce cuando el ácido ataca al vidrio, de éste salen iones de calcio, flúor y aluminio y queda como núcleo la estructura silíceo de vidrio. Los iones bivalentes de calcio, estroncio y aluminio conformarán la matriz de la estructura del núcleo del Ionómero como policarboxilatos de calcio y de aluminio, mientras que el flúor es liberado y puede salir del ionómero como fluoruro de sodio, este episodio es llamado el fenómeno de liberación del flúor. (Cabrera Villalobos, Álvarez Llanes, Gómez Mariño, & Casanova Rivero, 2009)

Debido a la falta de estética y a la baja resistencia a la abrasión que tiene el ionómero de

vidrio, se utiliza la resina compuesta como material restaurador de la cavidad siendo utilizado el ionómero como base.

Para que la restauración de la cavidad tenga éxito y no sufra de micro filtraciones, es imprescindible una buena adhesión entre la resina y el ionómero de vidrio. Para lograr esto se utiliza adhesivo entre la resina y el ionómero, mientras que el mecanismo de unión entre el ionómero y la dentina es químico con un entramamiento mecánico. Pero la gran incógnita se encuentra en si el grabado ácido en el ionómero es o no necesario para una mejor retención entre la resina y el ionómero. (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012)

En la presente investigación se comparan las propiedades de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta. Su finalidad es comprobar que tipo de procedimiento es el más adecuado para obtener estas propiedades; utilizando un grabado ácido sobre el ionómero de vidrio y posteriormente restaurar con resina compuesta o realizar la restauración sin la necesidad de utilizar dicho grabado.

2. OBJETIVO GENERAL:

- Determinar in vitro la fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y resina compuesta, con y sin el uso de grabado ácido luego de ser sometidos a una fuerza de cizallamiento.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Medir la fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta sin presencia de grabado ácido, mediante la aplicación de fuerzas de cizallamiento.

- Medir la fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta con un grabado de ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos, luego de la aplicación de fuerzas de cizallamiento.
- Medir la fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta con un grabado de ácido fosfórico al 35% durante 30 segundos, luego de la aplicación de fuerzas de cizallamiento.
- Estudiar y realizar un análisis estadístico para determinar si se encuentran diferencias significativas entre los resultados de los distintos grupos de estudio, las diferencias en los datos obtenidos ayudarán a determinar que tipo de restauración es la más resistente frente a fuerzas similares a las fuerzas masticatorias.
- Analizar cuál es el mejor tipo de tratamiento del ionómero utilizado como base antes de colocar una resina compuesta

4. HIPÓTESIS

La fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina, será mayor sin la colocación de ácido fosfórico al 35% al ser sometidas a fuerzas de cizallamiento.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Caries Dental

5.1.1. Definición

Según F.V Domínguez, la caries dental es una enfermedad con una continuación de fases de destrucción que avanza de manera irreversible, tiene inicio en la superficie dental y continua avanzando hasta la profundidad. (Barrancos Mooney & Barrancos, 2006). Otro autor la define como una enfermedad de carácter multifactorial, transferible e infecciosa que causa la destrucción de los tejidos duros del diente, es provocado cuando el proceso normal de desmineralización y remineralización cambia por la presencia de ácidos en mayor producción influyendo también los factores de virulencia de los microorganismos cariogénicos presentes en boca. (Gutierrez , 2006)

5.1.2. Etiología

Existen tres factores etiológicos específicos para que la caries dental tenga lugar y avance:

- **Tejido del huésped susceptible:** características anatómicas del diente, forma y distribución de la arcada dental, características de la superficie dental, es muy importante el medio oral es decir la saliva, PH. Genéticamente es importante la propensión de los individuos. (Villafrancia, Mondragon, & García , 2005)
- **Microflora bucal:** los microorganismos de característica cariogénica se encuentran en cavidad oral, estos colonizan y producen sustancias químicas que afectan las estructuras dentarias. El organismo específico iniciador de la caries

es conocido como *Streptococo Mutans*, el cual metaboliza los hidratos de carbono o azúcares. (Villafrancia, Mondragon, & García , 2005)

- **Sustrato local adecuado para la flora patológica dental:** el consumo de azúcares e hidratos de carbono son adecuados para el desarrollo de la microflora oral, permite que las bacterias colonicen, crezcan y se metabolicen sobre los dientes. El tiempo es un factor muy importante para la iniciación y posterior crecimiento de una lesión cariosa. (Villafrancia, Mondragon, & García , 2005)



Imagen 1: Etiología de caries dental Adaptado de Marcantoni

(Barrancos Mooney & Barrancos, 2006)

Aunque existen gran variedad de teorías en cuanto a la etiología de la caries dental, lo que se mantienen en la gran mayoría es que el proceso de la caries empieza por la interacción entre los microorganismos que colonizan las superficies dentarias, durante el tiempo necesario para que los ácidos alcancen altas concentraciones, esto se debe a ingestas altas de azúcares. (Barrancos Mooney & Barrancos, 2006)

5.1.3. Valoración del Riesgo de Caries

Según la Real Academia Española (2011), riesgo se define como la contingencia o proximidad a un daño. (Gómez & Peña, 2013)

El riesgo de caries dental está catalogado por su etiología, es de gran ayuda conocer los indicadores de riesgo de caries para poder tratar esta enfermedad desde su origen principal y tomar las medidas adecuadas durante los tratamientos. Es muy importante reconocer como se presenta esta enfermedad desde sus inicios, la cual se manifiesta con la aparición de la conocida mancha blanca causada por desmineralización, si se actúa sobre esta lesión se evitará el avance de la enfermedad a niveles más invasivos donde la caries produzca una cavitación. (Gómez & Peña, 2013)

La valoración del riesgo de caries está dado por:

- La dieta
- Exposición a fluoruros
- Susceptibilidad del huésped
- Microflora

Se conoce que la presencia de una película dental se asocia con la caries, mediante conteo de los niveles de *Streptococo Mutans* se puede determinar el riesgo cariogénico de un individuo.

En la actualidad es de gran importancia determinar la probabilidad del desarrollo de una enfermedad. Por esta razón, Featherstone et al. (2007) categorizaron los factores de riesgo en: (Gómez & Peña, 2013)

- *Indicadores de riesgo*: signos básicos que se presentan, se los puede observar clínicamente y se los puede categorizar en nivel bajo, medio o alto de riesgo. Ejemplo en caries dental: mancha blanca.
- *Factores de riesgo*: se asocian con la etiología de la enfermedad, la evaluación de estos factores pueden ser un determinante para el nivel de riesgo. Ejemplo en caries dental: bacterias cariogénicas, xerostomía, hábitos deficientes.
- *Factores protectores*: se basan en acciones de prevención sobre los cambios patológicos producidos por los factores de riesgo. Básicamente prevén la salud del paciente. Ejemplo en caries dental: flujo salival, flúor, xilitol, cepillado dental adecuado.

5.1.4. Formato de Valoración de riesgo de Caries

La Asociación Dental Americana (AAPD) adopta el formato para valoración de riesgo de caries planteado por el grupo de Featherstone (2007), donde se clasifican los riesgos bajo, moderado, alto y extremo. Crearon dos formatos, el primero para individuos de un rango de edad de 0 a 5 años donde el estudio microbiológico era indispensable, y el otro formato para personas mayores de 5 años, el cual no tenían como requisito el estudio microbiológico. (Gómez & Peña, 2013)

5.1.5. Microbiología de la Caries Dental

En la década de los 50's se realizó un estudio en el cual se demostró que las bacterias son un principal determinante en la etiología de la caries dental. Este estudio se realizó en roedores libres de gérmenes y se pudo ver que los roedores presentaban

caries al momento que determinadas bacterias infectaban la cavidad oral, de esta forma se clasificaron bacterias como el *Streptococo Mutans* y el *Streptococo Sobrinus* como el grupo más cariogénico. (Loesche, 1986)

Como se conoce la microflora oral se forma a partir de una matriz de glicoproteína, lugar donde las bacterias se adhieren y colonizan y en caso de que las bacterias posean características acidógenica esta zona es punto de inicio de la caries dental. (Figueiredo, Ferelle, & Issao, 2000)

La acumulación de placa supragingival sigue una secuencia: (Quintero & García, 2013)

- Se forma un biofilm salival.
- Colonización bacteriana
- Desarrollo de microflora oral

A los pocos minutos de realizar el cepillado dental se acumula aproximadamente 0,1 a 0,8 micras de biofilm, en las posteriores 24 horas bacterias, como el *Streptococo Sanguis* y *Actinomyces*, colonizan el biofilm. La microflora oral y su composición tiene factores que la determinan como: (Quintero & García, 2013)

- Localización de la placa dental.
- Tiempo.
- Inflamación.
- Enfermedades Sistémicas.
- Higiene.
- Dieta.
- Edad del paciente.

La caries dental y su relación con los microorganismos se basan en tres procesos que se realizan de forma ordenada: (Liebana, 2002)

- Unión de los microorganismos cariogénicos al biofilm.
- Producción de ácidos y desmineralización de la superficie del diente.
- Crecimiento de la lesión cariosa.

Cuando los hidratos de carbono se fermentan se producen ácidos que son el resultado del metabolismo bacteriano que se encuentran en el biofilm, los mismos que causan afección de los minerales del diente. (Duque & Pérez, 2006)

Los *Lactobacilos* se pueden encontrar en boca en ocasiones, siendo este de característica acidúrica y acidógena es decir que son bacterias tolerares y productoras de ácido respectivamente. La especie de *Lactobacilos Casei* se lo relaciona con mancha blanca. Aunque el *Streptococo Mutans* es una de las bacterias con mayor presencia durante el desarrollo de la lesión cariosa, los *Lactobacilos* se presentan con mayor intensidad en zonas con lesiones más profundas y superficies lisas. Se puede establecer que la cantidad de *Lactobacilos* es determinante en la cantidad de *Streptococo Mutans* presentes ya que a medida que los *Lactobacilos* aumentan los *Streptococo Mutans* disminuyen su población. (Harris & García, 2001)

5.2. Ionómero de Vidrio

5.2.1. Definición

“Son materiales de obturación basados en sílice, polvos de alúmino-silicato de calcio y soluciones de homopolímeros y copolímeros del ácido acrílico.” (Cova, 2010)

El ionómero de vidrio fue desarrollado por Alan Wilson y Bryan Kent en el año 1972. Despertó gran interés en el área odontológica debido a su principal ventaja, la adhesión química al esmalte, dentina y cemento. En esa década se utilizó el ionómero de vidrio como restaurador de piezas con abrasiones o erosiones cervical y se limitó a piezas posteriores debido a que una de sus desventajas es la falta de estética. (Lanata, 2003)

5.2.2. Composición

En su forma original, el líquido del ionómero de vidrio era una solución acuosa de ácido poliacrílico en una concentración entre el 40-50% y un polvo que contenía vidrios de aluminosilicato, con una proporción de flúor aproximadamente del 20% en peso; éste se incorporó a los cristales para poder mejorar las características de trabajo y aumentar la resistencia de la mezcla final, la misma que brindará una profilaxis contra la caries por la liberación de flúor que se produce. (Lanata, 2003)

En la actualidad, el líquido es reemplazado por copolímeros acrílicos, itacónicos, maleicos que le confieren mayor estabilidad; son poliácidos compatibles y de baja irritabilidad debido a su peso molecular.

Posterior a esto se incorporó ácido tartárico a su composición para que ayude al tiempo de fraguado ya que era una de sus grandes desventajas.

Los ionómeros de vidrio que serán utilizados para restauración contienen cristales claros, mientras que los que serán utilizados para relleno, dentina artificial o como cemento contienen cristales opacos y de granulometría más fina. (Lanata, 2003)

5.2.3. Clasificación

Debido a la incorporación de varios elementos a su composición, pueden surgir más ionómeros vítreos para diferentes aplicaciones, en los cuales varían las características de manipulación y las propiedades físicas, sin alejarse de la reacción química original y de los procesos o fases propias de la formación del cemento de ionómero vítreo. (Lanata, 2003)

5.2.3.1. Según la presentación comercial

Existen 4 tipos de cementos:

5.2.3.1.1. Tipo I: dentro de este tipo existen tres subtipos:

5.2.3.1.1.1. Para cementado: gracias a sus importantes propiedades se utiliza este tipo de cemento para la cementación de incrustaciones metálicas, coronas, puentes, pernos metálicos y bandas de ortodoncia. El tiempo de fraguado no supera los 6 a 8 minutos. (Lanata, 2003)

5.2.3.1.1.2. Para base: está indicado como material de protección dentino-pulpar gracias a sus propiedades de rigidez, elasticidad, adhesión y sellado de los túbulos dentinarios. Además es ácido resistente por lo que previene la sensibilidad postoperatoria. (Lanata, 2003)

El tiempo de fraguado de este subtipo es de 4 a 6 minutos.

5.2.3.1.1.3. Para dentina artificial: las propiedades mecánicas que posee este subtipo de ionómero de vidrio permitieron que sean utilizados como relleno de cavidades o cúspides debilitadas que podrían quedar al eliminar la dentina cariada. (Lanata, 2003)

5.2.3.1.2. Tipo II: para restauraciones.

5.2.3.1.3. Tipo III: para sellado de fosas y fisuras.

5.2.3.1.4. Tipo IV cermet: se crearon para rellenar las cavidades con endodoncia previa y para aumentar la resistencia al desgaste para evadir la necesidad de colocar un perno-muñón. (Lanata, 2003)

5.2.3.2. Según la presentación de sus componentes

5.2.3.2.1. Convencionales: en este tipo de ionómeros, los iones de ácido polialquenoicos en agua pueden incorporar iones de hidrógeno que liberan fluoruro y aluminio, los mismos que forman sales; esta reacción es denominada ácido-base, la cual produce el fraguado de la mezcla. Debido a la viscosidad de su fase líquida hace difícil la manipulación de la mezcla. (Lanata, 2003)

5.2.3.2.2. Semianhidros: se incorporó en la fase sólida un componente de la fase líquida previamente desecado. La fase líquida generalmente está compuesta por agua destilada y modificadores y es más fácil su manipulación, comparada con los convencionales. (Lanata, 2003)

5.2.3.2.3. Anhidros: se incorporó en la parte sólida los componentes habituales de cualquier ionómero más todos los ácidos y

modificadores reológicos previamente disecados que se encontrarían en la fase líquida de los convencionales. Entonces, la mezcla se realiza únicamente colocando agua destilada lo que facilitará su manipulación y las características físicas variarán levemente con respecto a las convencionales. (Lanata, 2003)

5.2.3.2.4. Modificados con resinas o híbridos: a este tipo de ionómeros se le suma un mecanismo de polimerización a la reacción ácido-base; el ácido polialquénico de la mezcla contiene grupos carboxilos, pero también grupos laterales vinílicos que le brindan la capacidad de polimerizar por adición. (Lanata, 2003)

La polimerización puede ser de tipo fotocurable, autocurable o la combinación de ambos. Estos ionómeros tienen la ventaja de brindar más tiempo de trabajo, estabilidad química y estética mejorada en comparación a los convencionales. (Lanata, 2003)

5.2.3.3. *Según la presentación para su utilización*

Dentro del mercado se pueden encontrar varias presentaciones de un mismo material. El fabricante puede ofrecer envases separados de polvo y líquido tanto para los convencionales como para los modificados con resina. En esta presentación, el líquido es dispensado por gotero y el polvo por una medida proporcionada por el fabricante, la técnica de la mezcla es agregar poco a poco el polvo al líquido hasta conseguir una mezcla homogénea; en esta técnica es probable que se incorporen

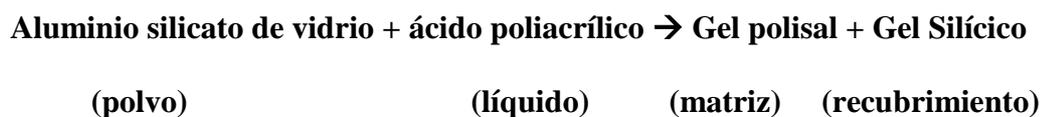
pequeñas burbujas de aire que en un futuro se convertirán en poros en el interior del material. (Lanata, 2003)

Para mejorar esta desventaja se creó un envase predosificado, en donde se comprobó que no se incorporaba aire a la mezcla, además surgieron más ventajas como la bioseguridad, rapidez, no se necesita limpiar después la espátula y la aplicación directa. Esta presentación tiene un costo más elevado. (Lanata, 2003)

5.2.4. Reacción química

Se trata de una reacción ácido-base en la que el polvo actúa como la base para reaccionar como poliácidos.

Al mezclar el polvo con el líquido, se forma una masa sólida y un gel poliácido, según puede observarse en la siguiente reacción:



Este mecanismo consiste en la liberación de iones de Ca^{2+} , Al^{3+} y F^{-} al inicio de la mezcla. Con la colocación del líquido los iones de Ca reaccionan rápidamente, formando puentes de sal entre los grupos carboxilos con carga negativa. Se produce un entrecruzamiento de las cadenas de poliacrilato, dando origen al fraguado inicial del cemento, que permite el tallado inicial en forma similar a la amalgama. A pesar de la dificultad de reaccionar y formar puentes de sal por parte de los iones de aluminio, la

reacción continúa. Al finalizar la reacción se forma una masa dura de poliacrilato de aluminio. Esta reacción se completa a los 30 minutos. (Cova, 2010)

5.2.5. Biocompatibilidad

El ionómero de vidrio gracias a su liberación de iones de flúor hace más difícil la recidiva de caries secundaria. Se han realizado varios estudios en donde se afirma que la reaparición de caries en dientes restaurados con ionómero de vidrio era menor a los dientes restaurados únicamente con resina. (Anusavice, 2004)

5.2.6. Adhesión

Aún no han sido totalmente aclarados los mecanismos de adhesión del ionómero de vidrio a la estructura dentaria, sin embargo, se conoce que en el primer mecanismo interviene la quelación de los de los grupos carboxilos de los poliácidos con el Ca de la apatita del esmalte y la dentina.

Una de las propiedades más relevantes del ionómero de vidrio es la adhesión química a la estructura dental por lo que es de poca necesidad el realizar retención mecánica para el uso de este material.

Para una óptima adhesión, es necesario realizar un grabado ácido para la creación de túbulos dentinarios y la eliminación de barrillo dentinario. Para esto se utilizan soluciones acuosas de ácido poliacrílico del 10% al 40%, que son químicamente compatibles con el ionómero de vidrio evitando el acceso de bacterias y otros elementos irritantes a la pulpa dental. Después de la aplicación del ácido se procede a lavar con

agua y secar levemente ya que está contraindicado el resecar la superficie ya que impide conseguir una buena adhesión.

5.2.7. Preparación de mezcla

Para realizar la mezcla del material se debe tomar en cuenta las proporciones de polvo/líquido presentada por el fabricante. Es importante no dispensar el material hasta no estar listos para empezar la mezcla ya que la exposición prologada del material a la intemperie puede alterar la proporción polvo/líquido correcta. Se va aplicando rápidamente el polvo al líquido hasta obtener una mezcla homogénea y de aspecto brillante, es de suma importancia que luzca así ya que indica la presencia de poliácido que no ha reaccionado a nivel de la superficie. En el caso de que la apariencia de la mezcla sea mate, la adhesión no será óptima debido a la falta de ácido libre.

5.2.8. Propiedades Mecánicas

Propiedad	Ionómero de Vidrio Convencional	Ionómero de vidrio modificado con resina
Tiempo de trabajo	2 min	3 min 45 seg
Tiempo de fraguados	4 min	20 seg
Módulo de Young	20.5 GPa	55.9 GPa
Resistencia compresiva	265.3 – 306.2 MPa	196.5 – 301.3 MPa
Resistencia a tracción diametral	16 MPa	37 MPa
Resistencia flexural	71 – 82 MPa	21.2 – 31.4 MPa

Dureza Knoop	66.4 – 84.5 KHN	29.7 – 176.8 KHN
Resistencia de unión a tracción en esmalte humano	4.9 MPa	11.36 MPa
Resistencia de unión a tracción en esmalte humano	2.52 MPa	5.55 MPa
Resistencia a cizalla en esmalte bovino	4.6 MPa	11.3 MPa
Resistencia a cizalla en esmalte bovino	4.3 MPa	8.2 MPa

Tabla 1: Propiedades representativas del Ionómero de vidrio convencional y del Ionómero de vidrio modificado con resina. (Bona , Pinzetta, & Rosa , 2009)

5.2.9. Ventajas y desventajas de los Ionómeros de Vidrio

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Adhesión química al esmalte, dentina y cemento. • Alto módulo elástico, similar al de la dentina • Estética aceptable (Ionómero de vidrio modificado resina) • Poder anticariogénico debido a la liberación de flúor y a la 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estética (Ionómero de vidrio convencional) • La solubilidad es baja, en el caso de que sean empleados como material de restauración. <p>Expuestos al medio bucal</p>

<p>vez ayuda a la remineralización de la dentina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja contracción, lo cual ayuda a una buena adhesión al diente. • Adhesión a las resinas compuestas • Biocompatibilidad, no produce efectos nocivos contra la pulpa dental • No requiere una cavidad con preparación clásica ya que tiene buena adhesión al tejido dentario. • Técnica simple y poco expuesta a errores • Baja solubilidad • Son radiopacos • Coeficiente de expansión térmica similar al del diente. 	<p>se solubilizan muy lentamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La superficie de la restauración con ionómero de vidrio, en comparación con la de la resina, presenta rugosidades que podrían retener placa. • El tiempo de espera para pulir es alto, en el caso de los ionómeros de vidrio convencionales ya que se debe esperar a que complete el fraguado. Esto no sucede con los ionómeros de vidrio modificados con resina.
---	--

Tabla 2: Ventajas y desventajas del Ionómero de vidrio. (Lanata, 2003)

5.2.10. Consideraciones Clínicas

Es conveniente utilizar acondicionador de dentina en la preparación para dejarla limpia y sin componentes orgánicos, aunque una de las características del ionómero de vidrio sea formar puentes de hidrógeno con la estructura del diente.

Para la preparación de la dentina y del esmalte se utiliza ácido poliacrílico o ácido tánico para la eliminación del barrillo dentinario. Esto es de gran ayuda para la adhesión del ionómero al esmalte y a la dentina, en comparación con las cavidades que no han sido acondicionadas previamente con el ácido.

Se debe considerar que la preparación de este material se debe realizar estrictamente como lo diga el fabricante y así mismo utilizar la correcta proporción de polvo y líquido de esta manera se obtendrá una buena adhesión con la estructura del diente.

5.3. Resinas Compuestas

5.3.1. Definición

“Es un conjunto de resinas que conforma una pasta de material restaurador, estas resinas actúan como un aglutinador orgánico monomérico, que contiene, por lo menos, un 60% de relleno inorgánico, junto a un sistema que produce la polimerización.”
(Cova, 2010)

5.3.2. Origen

Las resinas compuestas se introdujeron en el mundo de la odontología con el fin de remplazar a los cementos de silicato ya que contenían varios defectos. En 1955

Buonocuore aplicó el uso del ácido ortofosfórico para obtener una mejor adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina. En 1962 Bowen desarrolló el monómero Bis-GMA, intentando mejorar las características físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. A partir de 1970 se incorporaron materiales compuestos polimerizados por medio de radiaciones electromagnéticas los mismos que no necesitaban de mezcla, se utilizó en un principio la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta, pero por inconvenientes presentados por su poca profundidad de polimeración, fue remplazada por la luz visible, que hasta ahora es utilizada para la polimerización. (Hervás García, Martínez Lozano, Cabanes Vila, Barjau Escribano, & Fos Galve , 2006)

5.3.3. Composición

Las resinas están compuestas por los siguientes elementos:

Monómero	Dimetacrilato aromático (BIS-GMA) u otros componentes orgánicos HEMA, UDMA, TegDMA
Diluyente	Monómero (metacrilato de metilo)
Activadores	Térmicos Químicos Fotoquímicos Luz ultravioleta Luz visible
Iniciadores	Resinas termocurables Peróxido de benzoilo

	Resinas autocurables Peróxido de benzoilo/amina Resinas fotocurables Para luz ultravioleta Benzofenonas Para luz visible Cetonas aromáticas
Relleno	Silicato Dióxido de silicio
Tratamiento del relleno	Agentes de enlace Vinilo silano Gamma metacriloxipropilsilano
Inhibidores o estabilizadores	Quinona (Hidroquinona) Eter monometílico de la hidroquinona
Material radiopaco	Fluoruro de bario
Pigmentos	

Tabla 3: Composición general de las resinas compuestas.

5.3.4. Biocompatibilidad

Las resinas poseen un agente irritante para el complejo dentino/pulpar. Como parte integrante de la molécula Bis GMA, molécula híbrida acrílico-epóxica, se debe tomar en cuenta la protección que se debe brindar a la dentina por medio de una base intermedia o un cemento. (Guzmán H. , 2013)

5.3.5. Reacción/Interacción con esmalte

La estructura del esmalte se caracteriza por estar compuesta por cristales de hidroxiapatita que son de naturaleza iónica, a su vez, la hidroxiapatita está conformada por iones fosfato, calcio y grupos hidroxilo. Esto permite considerarla un fosfato de calcio hidratado, por ende insoluble en agua. Estas uniones iónicas denotan un sólido con energía superficial elevada, punto a favor en el tema de la adhesión. (Lanata, 2003)

El esmalte dental de un paciente está cubierto por una película inorgánica la misma que debe ser eliminada antes de realizar la restauración ya que interviene con una óptima adhesión. Esta eliminación es posible realizarla con una solución ácida (solución acuosa del ácido fosfórico entre el 32 y 40%), ya que éste contiene hidrogeniones que tienen la capacidad de disolver la hidroxiapatita dejando un esmalte limpio y de alta energía superficial como para atraer un líquido orgánico. (Lanata, 2003)

Este ácido actúa extrayendo el calcio de la hidroxiapatita que pasa a formar parte de la solución. Posterior a esto se forman fosfatos insolubles que al precipitar sobre la superficie del esmalte limitan su acción del ácido, a lo cual se le conoce como “efecto autolimitante”. (Lanata, 2003)

Una vez que el ácido ha cumplido su tiempo de empleo, es decir, 15 segundos en dientes permanentes y 30 segundos en dientes temporales, el esmalte debe lavarse con agua a presión por 20 segundos para eliminar cualquier sal precipitada de la superficie.

Luego de que todas las sales restantes han sido eliminadas, se debe secar la superficie con técnicas que no la contaminen. Se debe utilizar aire absolutamente libre de humedad, aceite, etc.

Con esta técnica se habrá logrado una superficie limpia y además con irregularidades dentro de las cuales se podrá adherir, micro mecánicamente, la resina restauradora. (Lanata, 2003)

5.3.6. Reacción/Interacción con la dentina

La dentina está compuesta por un 75% de materia cerámica, por el 20% de materia orgánica y el 5% de agua. La parte inorgánica de la dentina está representada fundamentalmente por la hidroxiapatita, la parte orgánica por las fibras colágenas. Los conductos dentinarios que alojan prolongaciones odontoblásticas, conectan la dentina con la pulpa. Y es precisamente la pulpa la encargada de la dentinogénesis, es por eso que la dentina está en un constante cambio en función del tiempo y de los estímulos que reciba. Dentro de su estructura se pueden observar dos tipos de dentina; una con mayor calcificación conocida como dentina peritubular, y una con menor calcificación conocida como dentina intertubular en la cual predominan las fibras colágenas. (Lanata, 2003)

Hay tres tipos de dentina que se pueden identificar clínicamente según su color: blanquecino amarillento, amarillento más oscuro o amarronado. Con esta característica se mide el grado de mineralización de la dentina, así como también la permeabilidad dentinaria y con esto mayor o menor facilidad de adhesión.

Se debe conocer que al realizar la preparación cavitaria se produce smear layer o barrillo dentinario, el mismo que interfiere con la adhesión, por lo que se debe realizar

un tratamiento que favorezca la interacción adhesiva. Además de este inconveniente, unas de las características de la resina son la hidrofobia y la contracción a la polimerización, las mismas que interfieren con la adhesión requerida. Por lo tanto se deben generar condiciones en las que ambas superficies, tanto la resina como la dentina tengan una adhesión favorable.

Estas condiciones para generar una óptima adhesión se las realiza con tres sustancias químicas que son: un ácido, que logre acondicionar la dentina; un monómero hidrofílico, que impregne el sustrato acondicionado; y un monómero hidrofóbico que en este caso sería el adhesivo, que va a adherirse a la resina compuesta. (Lanata, 2003)

5.3.7. Ventajas/ desventajas

Ventajas

- Son insolubles.
- Son estéticas.
- Biocompatibles.
- Son compatibles con sistemas de adhesión a esmalte y dentina.
- Permiten hacer cavidades más conservadoras (Iruretagoyena, 2014)

Desventajas

- Se contraen al polimerizarse.
- Dispone poco tiempo de trabajo con las autopolimerizables.
- Equipo especial en las fotopolimerizables.
- Técnica de trabajo muy sensible
- Envejecimiento de la matriz orgánica

- Requiere varios pasos y ocupa más tiempo el manejo de las fotopolimerizables (Iruretagoyena, 2014)

5.4. Grabado ácido con ácido fosfórico

5.4.1. Definición

Método de condicionamiento de la superficie del esmalte o de la dentina para unirse con resina compuesta por medio del uso de soluciones ácidas. (Fernández & Donna, 2008)

5.4.2. Mecanismo de acción del ácido fosfórico

Debido a que el esmalte es un cristal iónico de fosfato de calcio, el tratamiento de su superficie puede ser realizada con soluciones ácidas. Los iones hidrógenos que contiene el ácido son capaces de disolver la hidroxiapatita de la superficie adamantina y dejar un esmalte limpio. (Álvarez, 2009)

Existen varias presentaciones del ácido fosfórico, y una de ellas es la solución acuosa. Este ácido es relativamente activo por lo que cuando acciona sobre la hidroxiapatita, lo hace extrayendo calcio que pasa a formar parte de la solución. Cuando se acumula una cierta cantidad, se van a formar fosfatos insolubles que cuando precipitan sobre la superficie del esmalte, estos limitan la acción del ácido. A esta acción se la conoce como “efecto autolimitante” de la acción del ácido fosfórico sobre el esmalte dentario y se logra precipitar sales de fosfato de calcio insolubles, como se mencionó anteriormente, y estas sales logran neutralizar la acción del ácido. (Álvarez, 2009)

La concentración en agua para lograr una acción más adecuada en el esmalte, es utilizando soluciones de entre 32 y 40%. Estas soluciones se presentan como geles, líquidos o jaleas. Siendo más espesas, los geles y las jaleas, son las más utilizadas ya que se puede controlar el sitio exacto de colocación del material. (Álvarez, 2009)

5.4.3. Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Lesiones con caries incipientes
- Manchas con fluorosis e hipoplásicas, opacidades delimitadas y difusas independientemente del color y localización al examen clínico.
- Inconvenientes causados por la remoción de los brackets después de un tratamiento ortodóntico.
- Complicaciones con el blanqueamiento cuando no se ha resuelto un problema estético y actúa en combinación con restauraciones adhesivas en base a resinas compuestas.
- Cuando la profundidad del defecto mide menos a 0.2mm.
- El factor determinante para la indicación de esta técnica es tener conocimiento de la etiología de las manchas. (Álvarez, 2009)

Contraindicaciones:

- Para remoción de manchas profundas
- Para manchas causadas por tetraciclina
- Dentinogénesis imperfecta
- Desvitalización o terapia endodóntica
- El limitante de la técnica de grabado ácido es el grosor del esmalte y la profundidad de la pigmentación. (Álvarez, 2009)

5.4.4. Ventajas/desventajas con ácido fosfórico

Ventajas:

- Amplia disponibilidad de este material debido a su alto uso en procedimientos restaurativos adhesivos y ortodónticos.
- Menos agresivos en caso de contacto con mucosa, piel y ojos tanto del paciente como del clínico.
- Los iones de hidrógeno que contiene el ácido, son capaces de dejar la superficie del esmalte limpia por medio de la disolución de hidroxiapatita de la superficie adamantina.
- Al existir la presentación en geles y jaleas, esto brinda una mejor manipulación del material ya que se puede colocar el ácido en el sitio exacto de la superficie que necesita ser grabada. (Álvarez, 2009)

Desventajas:

- Se utiliza principalmente en lesiones cariosas de poca profundidad en las superficies vestibulares de dientes anteriores.
- Cuando se acumula cierta cantidad de ácido, se crean fosfatos insolubles que al autoprecipitar sobre la superficie del esmalte limitan la acción del ácido. “efecto autolimitante”.
- Las concentraciones mayores o menores forman sales de calcio más rápido lo que hace que el efecto sobre el esmalte sea menos adecuado. (Álvarez, 2009)

5.4.5. Técnica de grabado ácido en el esmalte

- Limpiar la superficie del esmalte cepillándola con bicarbonato de sodio (o piedra pómez), agregando unas gotas de agua para dar consistencia densa, con cepillo suave y a baja velocidad.
- Lavar, secar con aire limpio y aislar el campo operatorio.
- Colocar el ácido fosfórico únicamente en la zona que se va a grabar. Dejar actuar de 10 a 15 segundos.
- Una vez transcurrido este tiempo se debe eliminar los grandes excesos con un pincel y después lavar con abundante agua por 30 segundos.
- Secar suavemente, asegurándose de proyectar un aire libre de grasa y humedad.
- No se debe tocar la superficie grabada, ni permitir que se contamine con saliva, fluidos gingivales o sangre.
- Colocar el adhesivo en una capa delgada y continua.
- Airear suavemente para esparcir el adhesivo uniformemente y polimerizar. (Álvarez, 2009)

5.4.6. Grabado ácido en la dentina

El grabado ácido en la dentina es mucho más complicado que en el esmalte debe ser realizado con más cuidado, el ácido debe ser aplicado por menos tiempo, aproximadamente 15 segundos. En el caso de que la cavidad sea muy profunda, se debe aplicar una base antes del grabado ácido. La función del ácido en la dentina es la eliminación del smear layer y smear plug, permeabilizando los túbulos dentinarios y desmineralización de la dentina con exposición de la dentina intertubular. (Álvarez, 2009)

5.5. Sistema de Adhesión

5.5.1. Adhesión

Es un estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por medio de fuerzas que pueden estar basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la mediación de un adhesivo.

En el área odontológica participan tres componentes en la adhesión, estos son:

- Material de restauración
- Diente
- Sistema adhesivo.

Si sometemos a estrés la interfase dentina/material restaurador hasta llevarlos al punto de fractura, este punto puede localizarse en un uno de los componentes anteriormente nombrados. Es decir, en la capa de adhesivo, en la resina compuesta que está más próxima a la interfase, o bien en la dentina. El tipo de fractura puede ser adhesivo o cohesivo, pero normalmente es mixto. (Wakasa, Yamaki, & Matsui, 1995)

5.5.2. Cohesión

“Unión íntima entre dos superficies iguales.” (Colegio Profesional de Protésicos Dentales de la ciudad de Madrid, 2000)

5.5.3. Tipos de adhesión

5.5.3.1. *Mecánica o física:*

Este tipo de adhesión se basa en mantener dos superficies irregulares por medio de una perfecta adaptación entre ellas, de esta manera ambas superficies se traban mecánicamente creando una unión adecuada. (Fernández & Donna, 2008)

5.5.3.2. *Química o específica*

Este tipo de adhesión se basa en las fuerzas de atracción entre dos superficies por medio de formación de uniones químicas. Esta unión es la más difícil de lograr ya que se necesita de un contacto tan íntimo para poder lograr interacciones interatómicas o intermoleculares, que una parte debería estar en estado líquido. Otra forma de unión es colocar una sustancia líquida entre las dos superficies sólidas para poder formar uniones químicas con ambas. (Fernández & Donna, 2008)

5.5.4. Requisitos de un adhesivo

- Baja tensión superficial.
- Baja viscosidad.
- Estabilidad dimensional.
- Propiedades mecánicas adecuadas: para resistir fuerzas de masticación.
- Hidroresistencia.
- Compatibilidad biológica. (Lahoud Salem, 2002)

5.5.5. Requisitos de la superficie

La superficie necesita tener una energía superficial alta para que de esta manera atraiga el líquido y este escurra. Para que esto ocurra la superficie debe estar lisa y limpia para así, obtener una unión química favorable. (Lahoud Salem, 2002)

- Características del esmalte:
 - Alta energía superficial
 - No presenta limpieza
 - Superficie lisa
- Características de la dentina:
 - Baja energía superficial
 - Imposible de limpiar
 - Superficie rugosa (Lahoud Salem, 2002)

5.5.6. Sistemas de adhesión

- Grabado ácido del esmalte.
- Grabado ácido de dentina.
- Adhesivos dentinarios. (Lahoud Salem, 2002)

5.5.7. Adhesión a esmalte

Una de las características del esmalte es presentar una alta energía superficial que atrae el líquido de las resinas. Pero al estar en contacto con saliva, el esmalte no presenta estas condiciones sino que está contaminada con iones del medio bucal como lo son carbonatos y fluoruros, y además una película orgánica. Todas estas características interfieren con la energía

superficial del esmalte y hacen que no sea posible la colocación de resinas si no se prepara adecuadamente la superficie. (Lahoud Salem, 2002)

5.5.8. Adhesión a dentina/cemento

Ya que la adhesión en dentina es más complicada que en esmalte, existen varias dificultades para una buena adhesión en la dentina, y estos son: presencia de capa superficial de residuos al realizar una cavidad, es de naturaleza tubular por lo que produce un área variable y un constante flujo de líquido, es heterogénea al estar formada por hidroxiapatita y colágeno.

La solución para estas dificultades está en desarrollar un líquido que contenga moléculas con doble reacción, es decir, que reaccione con el calcio mediante grupos ácidos y que reaccione con el monómero líquido de la resina de restauración. Por lo tanto el adhesivo deberá ser hidrofílico. La unión a la dentina se realiza a nivel microscópico con el colágeno y con el túbulo dentinario, lo que se denomina capa híbrida y tags de resina. (Lahoud Salem, 2002)

5.5.9. Adhesión entre Ionómero de Vidrio y Resina compuesta

En los últimos años se ha centrado la atención en el desarrollo de sistemas adhesivos que unirán eficazmente la resina compuesta con el esmalte y la dentina. A pesar de la mejoría en la unión de la resina compuesta a la dentina (Barkemeier & Erickson, 1994), la filtración marginal puede seguir siendo un problema.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los cementos de ionómero de vidrio han desarrollado varias ventajas, como lo son: la liberación de flúor, la adhesión a los tejidos dentales mineralizados y un coeficiente de expansión térmica similar a la de la estructura del diente. (Lanata, 2003) Debido a estas propiedades favorables, McLean y Wilson (1977) propusieron la colocación de los cementos de ionómero de vidrio sobre la dentina antes de aplicar la resina. Este método de restauración es comúnmente conocido como la técnica de sándwich. Este procedimiento hace uso óptimo de las propiedades adhesivas y la biocompatibilidad del cemento de ionómero de vidrio y la superficie deseable y el aspecto estético de la resina compuesta. (Zanata, Navarro, ISHIKIRIAMA , Silva, & Delazari, 1997)

La restauración tipo sándwich puede ser de gran importancia en la odontología conservadora, debido a que debe permitir que la resina sea adherida a la dentina utilizando al ionómero de vidrio como una capa de unión intermedia, minimizando así, algunos problemas clínicos relacionados con la microfiltración y caries secundaria. Sin embargo, tales combinaciones deben tener una cierta fuerza para resistir la variedad de tensiones durante su uso clínico. (Zanata, Navarro, ISHIKIRIAMA , Silva, & Delazari, 1997)

Entre los factores que pueden afectar la resistencia de unión entre la resina y el ionómero de vidrio son: (Zanata, Navarro, ISHIKIRIAMA , Silva, & Delazari, 1997)

- La resistencia a la tracción del cemento en sí
- El sistema adhesivo
- La resina compuesta empleada
- El tipo de cemento de ionómero de vidrio
- El tratamiento de la superficie del cemento

McLean et al. (1985) señalan que es posible grabar la superficie de un cemento de ionómero de vidrio convencional y desarrollar una unión mecánica entre el cemento y el agente de unión / resina compuesta similar a la desarrollada entre esmalte grabado y la resina compuesta. Sin embargo, no existe un acuerdo acerca de la necesidad de grabado ácido o un tiempo de grabado óptimo sobre la superficie de los cementos de ionómero de vidrio. (Zanata, Navarro, ISHIKIRIAMA , Silva, & Delazari, 1997)

6. METODOLOGIA

a) Tipo de estudio

En esta investigación se realizará un tipo de estudio *in vitro* comparativo y explicativo en donde se comparó tres grupos de muestras para analizar cual cumple mejor las necesidades requeridas para una restauración con una óptima adhesión entre el ionómero de vidrio y resina compuesta.

Muestra:

- 30 Bloques de acrílico con 4 cm de alto y 2 cm de diámetro con incrustaciones de Ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) con un diámetro de 12 mm.

b) Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

- Muestras en donde la fractura se produzca a nivel resina/ionómero.

Criterios de Exclusión

- Muestras en donde la fractura se produzca a nivel ionómero/acrílico.
- Muestras en donde la fractura se produzca a nivel resina/resina.

c) Materiales e Instrumentos

- Ionómero de vidrio: Vitremer 3M ESPE
- Resina compuesta (Filtek Supreme Ultra A1 Dentin Shade, 3M ESPE)
- Ácido fosfórico al 35% (3M ESPE ScotchBond Gel Grabador)
- Adhesivo (3M ESPE Adper Single Bond 2)
- Lámpara de luz halógena (GNATUS, 1200mW/cm²)
- Agua destilada colocada a baño maría a 37°C
- Máquina de Baños de Agua (Memmert Basic WNB) de la Facultad de Microbiología de la USFQ
- Acrílico rosado rápido
- Microcepillo
- Moldes cilíndricos de metal para el acrílico con 4 cm de alto y 2 cm de diámetro.
- Espátula de plástico para mezclar el ionómero de vidrio
- Espátula para resina (Hu-Friedy)
- Atacador (Hu-Friedy)
- Rodela circular metálica con diámetro interno de 12 mm para delimitar al ionómero de vidrio
- Molde metálico de 5 mm de diámetro para colocar la resina
- Máquina generadora de fuerzas (Tinius Olsen) de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la USFQ.

d) Procedimiento

Para la fabricación de las muestras se realizaron 30 discos de ionómero de vidrio (Vitremer). Siguiendo las indicaciones del fabricante, se procedió a mezclar dos medidas de polvo y dos gotas de líquido (Imagen 1), integrando poco a poco el polvo al líquido hasta conseguir una mezcla homogénea.



Imagen 2: Medidas de polvo y líquido del Ionómero de vidrio (Vitremer).

Una vez conseguida la mezcla del ionómero, se colocó vaselina sobre la loseta de vidrio y sobre ella se colocó las rodelas metálicas con un diámetro de 12 mm y una profundidad de 2 mm (Imagen 2), para colocar dentro de ella el ionómero de vidrio. Se fotocuró el ionómero durante 40 segundos como lo recomienda el fabricante y se realizó el mismo procedimiento hasta obtener 30 discos de ionómero de vidrio.



Imagen 3: Rodela metálica con diámetro interior de 12 mm para colocar el ionómero.

Una vez obtenidos los 30 discos de ionómero, se procedió a mezclar el acrílico rosado y a colocarlo dentro del molde metálico con 2 cm de diámetro y 4 cm de alto. (Imagen 3). Cuando el acrílico se encuentre en su fase plástica se debe introducir la rodela con el ionómero dentro del acrílico y esperar a que se seque. Se realizó el mismo procedimiento hasta obtener las 30 muestras de acrílico con ionómero de vidrio.



Imagen 4: *Moldes metálicos para colocar el ionómero y el acrílico.*

Luego de haber obtenido las 30 muestras, se dividieron en tres grupos de 10 muestras cada uno. El primer grupo fue seleccionado como el grupo control, en el cual no se colocó ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio. Con la ayuda de un microcepillo, se aplicó dos capas de adhesivo (3M ESPE Adper Single Bond 2) sobre el ionómero de vidrio, fotocurando cada una durante 10 segundos tal y como lo indica el fabricante (Imagen 4). Una vez fotocurado el adhesivo, se aplicó la resina en 2 capas. Se tomó 3 mm del dispensador de resina (Imagen 5) y se colocó sobre el ionómero de vidrio con la ayuda del molde metálico para la resina. Se fotocuró durante 20 segundos. Se tomó otra porción de 3 mm de resina y se colocó la segunda capa de resina fotocurando durante 20 segundos como la capa anterior. Se realizó el mismo resultado hasta obtener las 10 muestras del grupo control.



Imagen 5: Aplicación del adhesivo sobre la superficie del ionómero de vidrio.



Imagen 6: Porción de resina que se utilizó (3 mm).

En el segundo grupo se colocó ácido fosfórico (3M ESPE ScotchBond Gel Grabador) al 35% durante 15 segundos sobre la superficie del ionómero de vidrio (Imagen 6). Se lavó con agua durante 30 segundos y se secó con la ayuda del chorro de aire de la jeringa triple sin reseca la superficie. Después de haber grabado la superficie de ionómero, se colocaron dos capas de adhesivo, cada una fotocurada durante 10 segundos. Se aplicaron, al igual que en el grupo uno, dos capas de resina de la misma medida con la

ayuda del molde metálico para resina. Se fotocuró cada capa durante 20 segundos. Se realizó el mismo procedimiento hasta obtener las 10 muestras del grupo 2.



Imagen 7: Aplicación del ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio.

En el tercer grupo se colocó ácido fosfórico (3M ESPE ScotchBond Gel Grabador) al 35% durante 30 segundos sobre la superficie del ionómero de vidrio. Se lavó con agua durante 60 segundos y se secó con la ayuda del chorro de aire de la jeringa triple sin reseca la superficie. Después de haber grabado la superficie de ionómero, se colocaron dos capas de adhesivo, cada una fotocurada durante 10 segundos. Se aplicaron, al igual que en los grupos anteriores, dos capas de resina de la misma medida con la ayuda del molde metálico para resina. Se fotocuró cada capa durante 20 segundos. Se realizó el mismo procedimiento hasta obtener las 10 muestras del grupo 3.

Posteriormente, las 30 muestras fueron colocadas en agua destilada en una máquina de baño de agua maría (Memmert Basic WNB) a 37°C durante 5 días. (Imagen 7)



Imagen 8: Muestras colocadas en agua destilada en la máquina de baño maría a 37°C.

Luego de haber concurrido los 5 días, todas las muestras fueron sometidas a cizallamiento con la ayuda de la máquina de pruebas universal (Tinius Olsen) a una velocidad de 0.1 mm/min hasta que se produjera la fractura.

Los datos fueron almacenados y se calculó la fuerza de adhesión en megapascuales. Los resultados fueron analizados por un análisis de varianza de tres grupos calculado a un nivel de significancia de 0.05. Los promedios de los grupos fueron comparados con los análisis estadísticos de Bonferrini y Tukey Kramer.

7. RESULTADOS:

Se analizaron 30 muestras. Posterior al análisis se obtuvo los siguientes datos que se presentan en las siguientes tablas y gráficas utilizando el programa Stata.

7.1. Fuerza de las muestras analizadas

Grupo 1: Control (Newtons)	Grupo 2: (Acido por 15 seg) (Newtons)	Grupo 3: (Acido por 30 seg) (Newtons)
14 N	115 N	100 N
109 N	37.6 N	180 N
135 N	104 N	21 N
127 N	150 N	81.6 N
176 N	238 N	225 N
96 N	49 N	37.3 N
86 N	146 N	100 N
168 N	104 N	143 N
188 N	128 N	88 N
238 N	161 N	126 N

Tabla 4: Fuerza de las muestras analizadas en newtons.

Con la ayuda de la siguiente fórmula se transformaron los datos de Newtons a MPa:

- $MPa = (\text{Fuerza}) \text{ Newtons} / (\text{área}) (\pi * R^2)(\text{mm}^2)$
- Diámetro de la resina adherida al ionómero de vidrio = 6 mm
- Radio de la resina adherida al ionómero de vidrio = 3 mm

Grupo 1 Control en Mpa	Grupo 2 (15 seg) en Mpa	Grupo 3 (30 seg) en Mpa
0.50 MPa	4.07 MPa	3.54 MPa
3.86 MPa	1.33 MPa	6.37 MPa
4.77 MPa	3.68 MPa	0.74 MPa
4.49 MPa	5.31 MPa	2.89 MPa
6.22 MPa	8.42 MPa	7.96 MPa
3.40 MPa	1.73 MPa	1.32 MPa
3.04 MPa	5.16 MPa	3.54 MPa
5.94 MPa	3.68 MPa	5.06 MPa
6.65 MPa	4.53 MPa	3.11 MPa
8.42 MPa	5.69 MPa	4.46 MPa

Tabla 5: Fuerza de las muestras analizadas en newtons.

Con la ayuda de los siguientes gráficos, se comprueba que la actividad de las fuerzas registradas tiene gran variabilidad y que no siguen un patrón determinado.

- En el grupo # 1 se registraron valores desde 0.50 hasta 8.42 MPa.
- En el grupo # 2 se registraron valores desde 1.33 hasta 8.42 MPa.
- En el grupo # 3 se registraron valores desde 0.74 hasta 7.96 MPa.

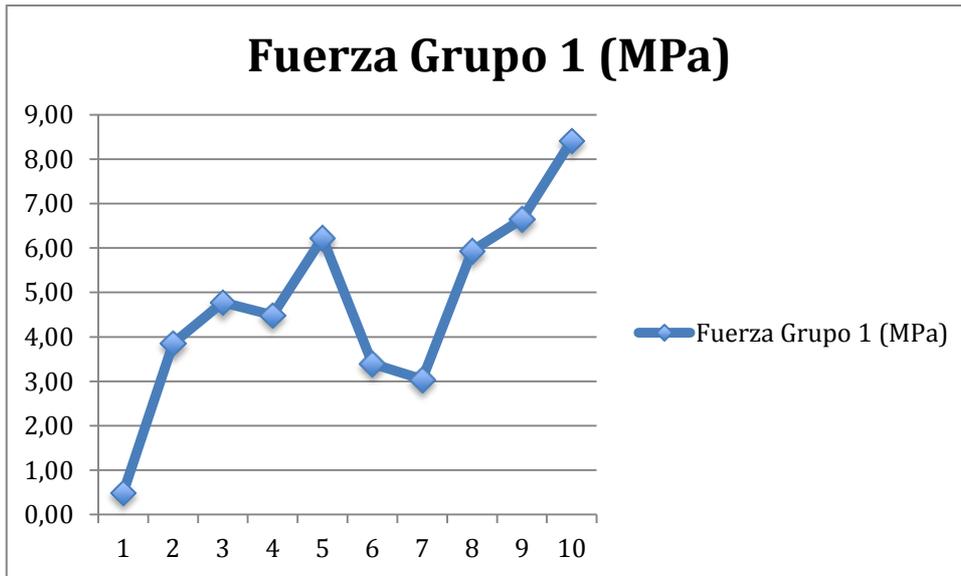


Ilustración 1: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #1 en MPa.

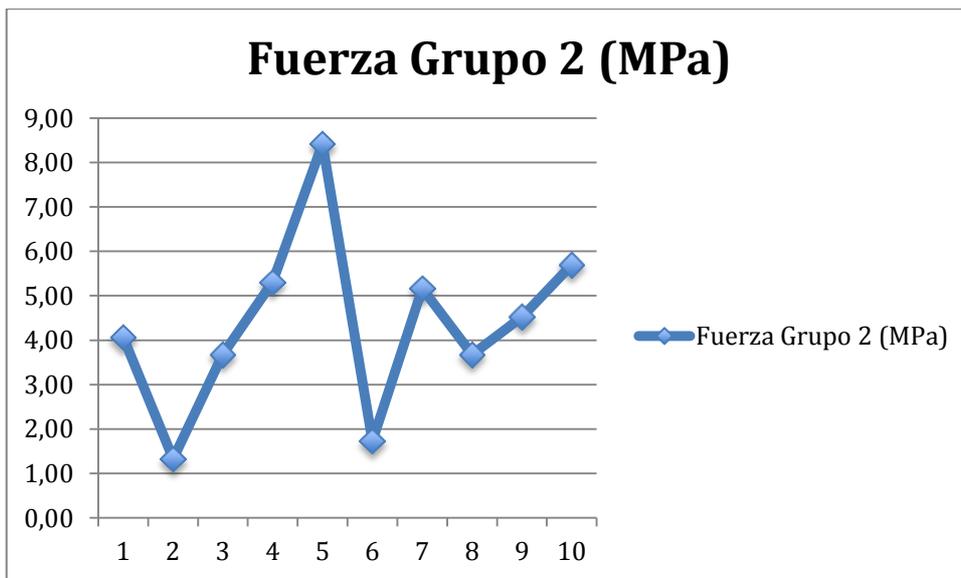


Ilustración 2: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #2 en MPa.

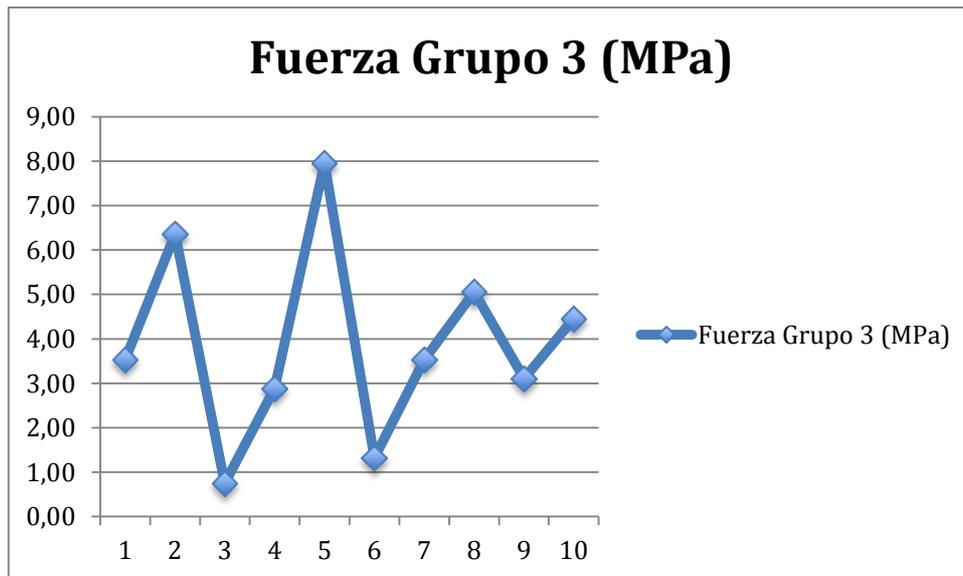


Ilustración 3: Registro de fuerzas de las muestras del grupo #3 en MPa.

Al realizar un promedio y desviación estándar de los datos registrados se obtuvo lo siguiente:

Según los datos obtenidos en la siguiente tabla, se puede observar que el grupo #1 presenta un promedio de fuerzas mayor a la de los otros dos grupos, seguido por el grupo #2 y finalmente con el promedio más bajo, el grupo #3.

Grupo	Promedio	Desviación estándar	Min	Max
1	4.73	2.22	0.50	8.42
2	4.36	2.03	1.33	8.42
3	3.90	2.18	0.74	7.96
Total	4.33	2.14	0.50	8.98

Tabla 6: Promedio y desviación estándar de los grupos.

En el siguiente gráfico también se puede observar el comportamiento del promedio de las fuerzas de los 3 grupos, así como también la desviación estándar, el máximo y mínimo de fuerzas registradas.

En el caso del promedio (barra azul), se puede observar que el grupo #1 alcanzó los valores más altos de fuerza registrada, aun así el mismo grupo presentó la menor fuerza registrada (barra roja).

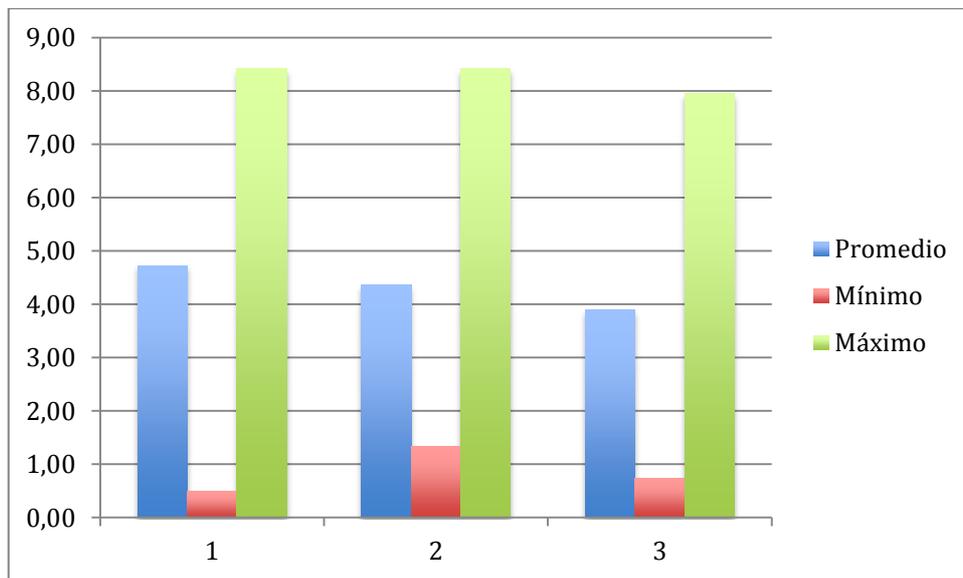


Ilustración 4: Gráfico de barras de fuerzas de los grupos de estudio.

7.2. Prueba de supuestos

Se deben probar los siguientes supuestos para utilizar un test paramétrico de comparación de medias:

1. Las distribuciones de cada grupo deben tener una distribución normal
2. Las varianzas entre los grupos deben ser iguales: homocedasticidad

7.2.1. Prueba de normalidad de los grupos

Para poder comprobar la normalidad de los grupos de estudio se utilizó el programa Stata, en el cual se utilizó la Prueba sk (sktest).

El “sktest” presenta una prueba de normalidad basada en la asimetría y otra sustentada en la curtosis. Finalmente combina las dos pruebas en un resumen estadístico. (Vela, 2010)

Dentro de esta prueba de normalidad, también se utilizaron los gráficos de probabilidad-probabilidad y los gráficos de cuantil-cuantil.

El gráfico de probabilidad-probabilidad (P-P Plot o gráfica porcentual) compara una función de distribución acumulada empírica con una función de distribución teórica. La manera de interpretar los datos obtenidos es la siguiente: Si los puntos se aproximan al comportamiento lineal señalado en el gráfico, se puede considerar que la función empírica de la distribución acumulada es similar a la teórica, y por lo tanto se comporta “normalmente”. Si los puntos se alejan a la línea recta, la variable se aleja de una distribución normal. (Vela, 2010)

Por otro lado, el gráfico de cuantil-cuantil (Q-Q plot) compara los valores ordenados de una variable con los cuantiles de una distribución teórica específica.

Las gráficas P-P y Q-Q se emplean para determinar visualmente que tan bien se ajustan los datos empíricos al comportamiento de una distribución teórica. (Vela, 2010)

7.2.1.1. Grupo 1:

En la siguiente tabla se puede observar que **prob>chi2** tiene un valor de 0.7784 el cual es mayor que 0.05, por esta razón aceptamos la hipótesis nula de que la población del grupo 1 sigue una distribución normal.

Variable	Obs	Pr (Asimetría)	Pr (Curtosis)	Chi 2 (2)	Prob>chi2
Grupo 1	10	0.6838	0.5688	0.50	0.7784

Tabla 7: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #1.

El siguiente gráfico P-P plot presenta los datos del grupo #1 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una probabilidad normal.

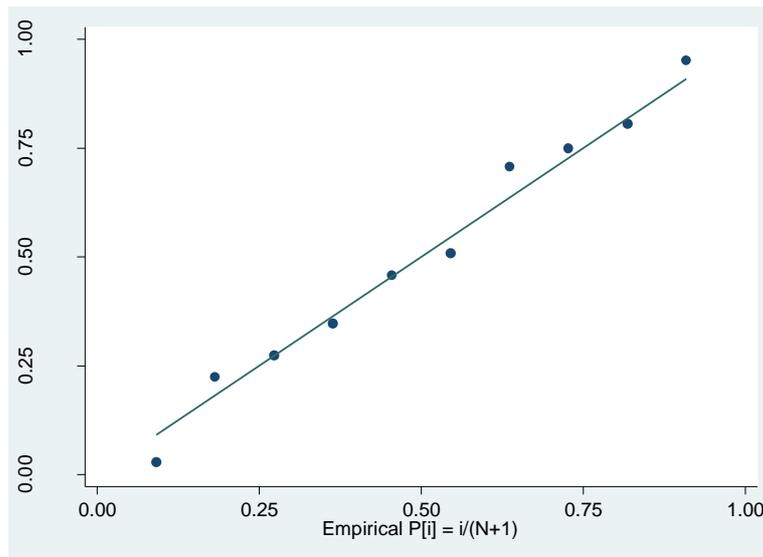


Ilustración 5: Gráfico P-P plot del grupo #1.

El siguiente gráfico Q-Q plot presenta los datos del grupo #1 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

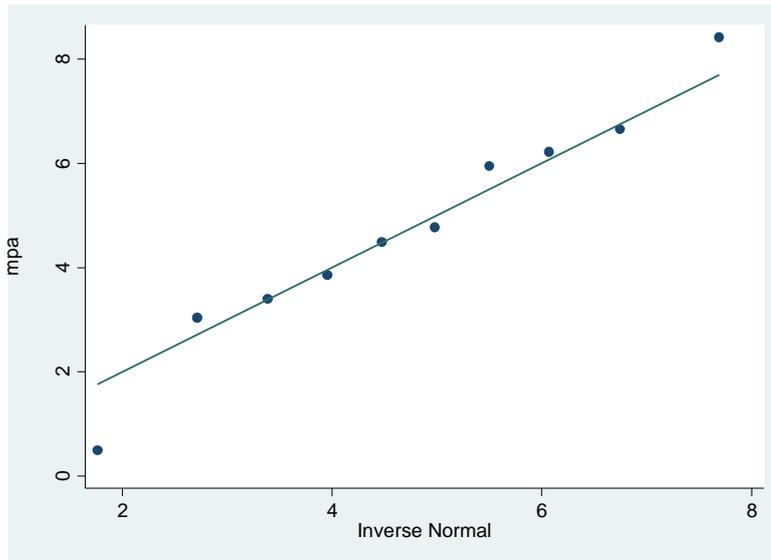


Ilustración 6: Gráfico Q-Q plot del grupo #1.

7.2.1.2. Grupo 2:

En la siguiente tabla se puede observar que **prob>chi2** tiene un valor de 0.5353 el cual es mayor que 0.05, por esta razón aceptamos la hipótesis nula de que la población del grupo 2 sigue una distribución normal.

Variable	Obs	Pr (Asimetría)	Pr (Curtosis)	Chi 2 (2)	Prob>chi2
Grupo 2	10	0.5465	0.3882	1.25	0.5353

Tabla 8: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #2.

El siguiente gráfico P-P plot presenta los datos del grupo #2 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una probabilidad normal.

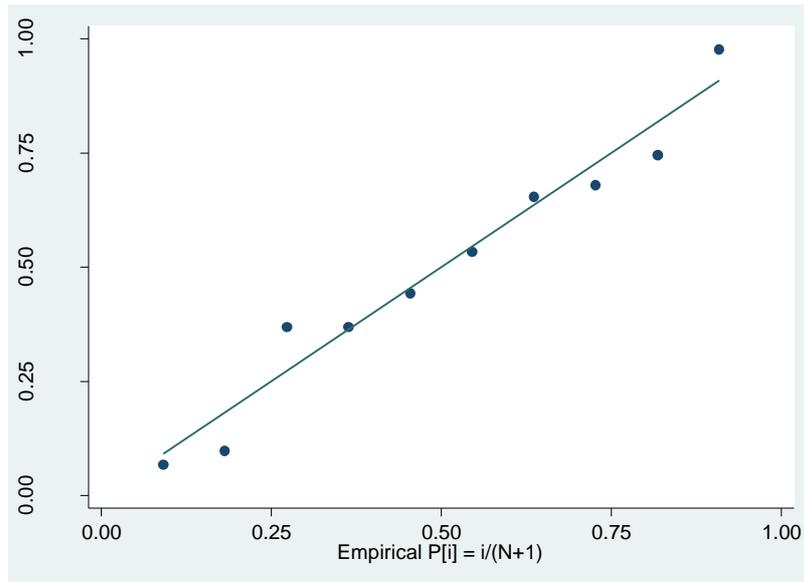


Ilustración 7: Gráfico P-P plot del grupo #2.

El siguiente gráfico Q-Q plot presenta los datos del grupo #2 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

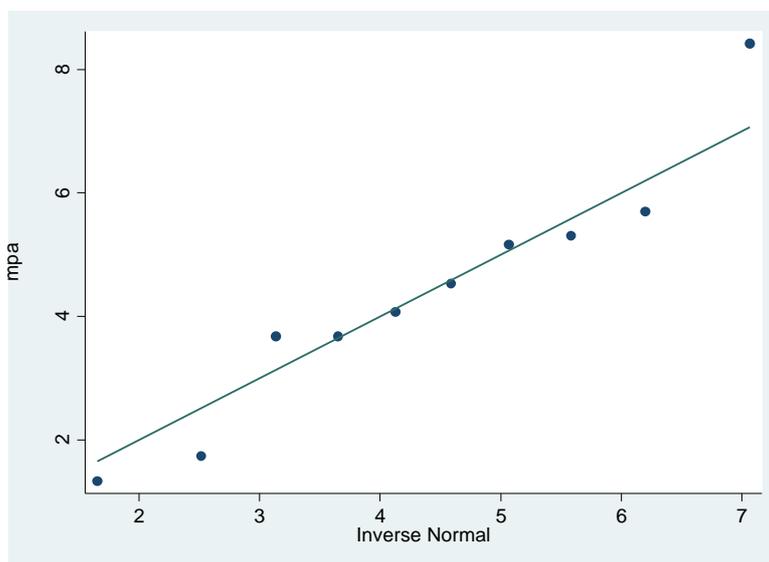


Ilustración 8: Gráfico Q-Q plot del grupo #2.

7.2.1.3. Grupo 3

En la siguiente tabla se puede observar que **prob>chi2** tiene un valor de 0.7636 el cual es mayor que 0.05, por esta razón aceptamos la hipótesis nula de que la población del grupo 3 sigue una distribución normal.

Variable	Obs	Pr (Asimetría)	Pr (Curtosis)	Chi 2 (2)	Prob>chi2
Grupo 3	10	0.4983	0.7986	0.54	0.7636

Tabla 9: Prueba de normalidad “sk” para el grupo #3.

El siguiente gráfico P-P plot presenta los datos del grupo #3 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una probabilidad normal.

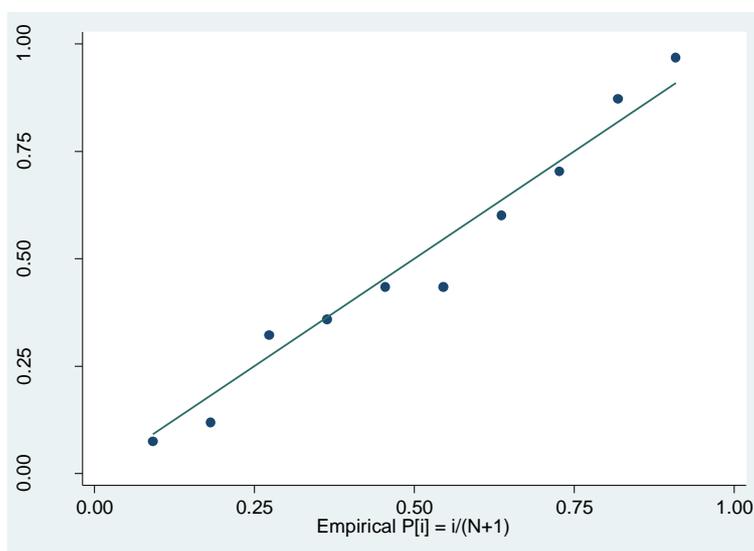


Ilustración 9: Gráfico P-P plot del grupo #3.

El siguiente gráfico Q-Q plot presenta los datos del grupo #3 aproximados al comportamiento lineal presentado. Además los datos presentados son aleatorios, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

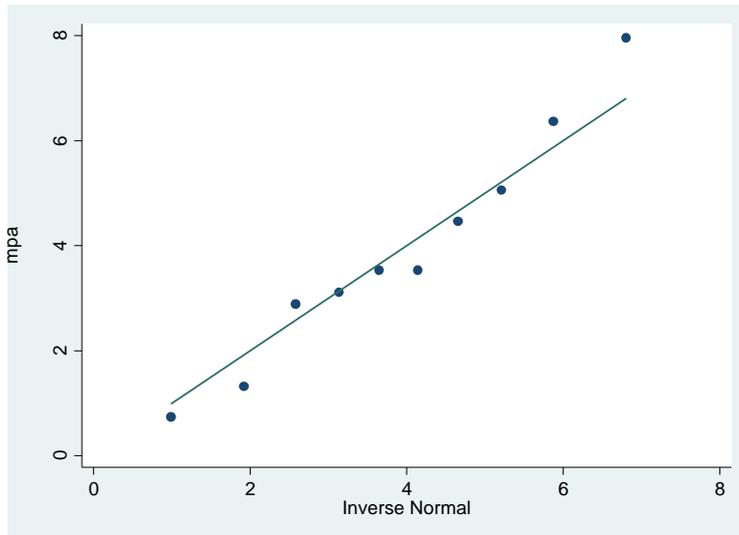


Ilustración 10: Gráfico Q-Q plot del grupo #3.

7.2.2. Igualdad de varianzas entre grupos

Como se mencionó anteriormente, para poder utilizar un test paramétrico se debe cumplir el supuesto de igualdad de varianzas. Para poder comprobar este supuesto utilizamos el “sdtest”, el cual permite evaluar si la desviación estándar entre grupos es igual. El “sdtest” mantiene como hipótesis nula que el ratio entre las desviaciones estándar de los grupos es 1, es decir, que las desviaciones estándar es la misma. Por ende, la hipótesis alternativa consiste en que el ratio sea distinto de 1. De esta manera, para poder comprobar que las desviaciones estándar entre los grupos son distintas, deberíamos observar que la hipótesis alternativa $2 * Pr (F > f) < 0.05$ debido a que tenemos tres grupos de observaciones se realizaron las comparaciones de la siguiente manera:

- Grupo 1 vs grupo2
- Grupo 1 vs grupo3
- Grupo 2 vs grupo3

Como veremos más adelante, se encontró que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las varianzas de los grupos.

7.2.2.1. Grupo 1 vs. Grupo 2

En la siguiente tabla se comparan los grupos 1 y 2. Según los valores obtenidos ninguno es menor a 0.05, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las varianzas de los grupos.

Variable	Obs	Promedio	Error Estándar	Desviación estándar	(Intervalo	95% confianza)
Grupo 1	10	4.72867	0.702169	2.220455	3.140252	6.317088
Grupo 2	10	4.359431	0.640391	2.025094	2.910766	5.808095
Combinados	20	4.54405	0.464431	2.076998	3.571985	5.516116
Ratio = sd (grupo 1) / sd (grupo 2)				F = 1.2022		
Ho: ratio = 1				Grados de libertad = 9.9		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr (F < f) = 0.6059		2 * Pr (F > f) = 0.7883		Pr (F > f) = 0.3941		

Tabla 10: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #2.

7.2.2.2. Grupo 1 vs. Grupo 3

En la siguiente tabla se comparan los grupos 1 y 3. Según los valores obtenidos ninguno es menor a 0.05, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las varianzas de los grupos.

Variable	Obs	Promedio	Error Estándar	Desviación estándar	(Intervalo	95% confianza)
Grupo 1	10	4.72867	0.702169	2.220455	3.140252	6.317088
Grupo 3	10	3.897174	0.689106	2.179147	2.338306	5.456042
Combinados	20	4.312922	0.488199	2.183296	3.291108	5.334736
Ratio = sd (grupo 1) / sd (grupo 3)				F = 1.0383		
Ho: ratio = 1				Grados de libertad = 9.9		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr (F < f) = 0.5218		2 * Pr (F > f) = 0.9563		Pr (F > f) = 0.4782		

Tabla 11: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #3.

7.2.2.3. Grupo 2 vs. Grupo 3

En la siguiente tabla se comparan los grupos 2 y 3. Según los valores obtenidos ninguno es menor a 0.05, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las varianzas de los grupos.

Variable	Obs	Promedio	Error Estándar	Desviación estándar	(Intervalo	95% confianza)
Grupo 2	10	4.359431	0.640391	2.025094	2.910766	5.808095
Grupo 3	10	3.897174	0.689106	2.179147	2.338306	5.456042
Combinados	20	4.128302	0.460879	2.061113	3.163672	5.092933
Ratio = sd (grupo 2) / sd (grupo 3)				F = 0.8636		
Ho: ratio = 1				Grados de libertad = 9.9		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr (F < f) = 0.4153		2 * Pr (F > f) = 0.8307		Pr (F > f) = 0.5847		

Tabla 12: Igualdad de varianzas entre grupo #1 y grupo #3.

Debido a las tablas analizadas según los valores presentados, se cumplieron los supuestos que nos permiten utilizar un test paramétrico. En este caso se utilizarán un test conservador como lo es el test de Bonferroni y un test menos conservador como lo es el test de Tukey Kramer.

7.3. Test de Bonferroni

El Test de Bonferroni “es un test de comparaciones múltiples. Permite comparar, como los demás contrastes de este tipo, las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA”. (Llopis, 2013)

En la tabla a continuación se compararon los tres grupos mediante el test de Bonferroni, la cual nos indica que no existen diferencias significativas entre ninguno de los grupos. En la tabla de **análisis de varianza**, los valores de Prob > F deben ser

menores a 0.05 para que al menos un grupo sea significativamente distinto de otro. En este caso el valor de Prob > F es igual a 0.6889 el cual es mayor a 0.05, por lo tanto nos indica que los grupos no son significativamente distintos.

En cuanto a la comparación de fuerzas entre grupos por medio del test de Bonferroni, de igual manera, para que los valores de los grupos sean significativamente distintos, el valor entre los grupos calculado deber ser menor a 0.05, y en este caso todos los valores señalados entre los grupos son de 1.000 de esta manera se demuestra que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

Análisis de varianza					
Fuente	SS	df	MS	F	Prob > F
Entre grupos	3.47134965	2	1.73567482	0.38	0.6889
Dentro de grupos	124.020973	27	4.59336936		
Total	127.492322	29	4.39628698		
Prueba de Bartlett para la igualdad de varianzas: $\chi^2(2) = 0.0799$ Prob> $\chi^2 = 0.961$					
Comparación de fuerzas por grupo					
Row Mean – Col Mean	1		2		
2	- 0.369239 1.000				
3	- 0.831496 1.000		- 0.462257 1.000		

Tabla 13: Comparación de grupos mediante el Test de Bonferroni.

7.4. Test de Tukey-Kramer

El test de Tukey-Kramer “es un procedimiento de comparación múltiple de un solo paso y la prueba estadística. Se utiliza en conjunción con un ANOVA de encontrar medios que son significativamente diferentes unos de otros”. (Vicente, nf)

Por lo tanto, si el valor que nos da $P > [t]$ es menor a 0.05, entonces será significativamente distinto.

En la tabla a continuación, se compararon todos los grupos entre sí, en el cual $P > [t]$ presento los siguientes valores:

- 2 vs 1 = 0.922
- 3 vs 1 = 0.665
- 3 vs 2 = 0.880

Ninguno de estos valores fue menor a 0.05 por lo tanto ningún grupo es significativamente distinto.

Comparaciones por pares de medias con varianzas iguales					
			Número de comparaciones		
Grupos			3		
Fuerzas	Contraste	Error estándar	t	P > [t]	[95% intervalo de confianza]
2 vs 1	- 0.3692395	0.9584748	- 0.39	0.922	- 2.745699 2.00722
3 vs 1	- 0.8314962	0.9584748	- 0.87	0.665	- 3.207955 1.54596
3 vs 2	- 0.4622567	0.9584748	- 0.48	0.880	- 2.838716 1.91420

Tabla 14: Comparación de grupos mediante el Test de Tukey-Kramer.

7.5. Diagrama de Caja y Bigote (Box-plot)

Es un gráfico el cual está basado en cuartiles y presenta un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la “caja”, y dos líneas, los “bigotes”.

Este gráfico suministra información acerca de los valores mínimos y máximos, los cuartiles Q_1 , Q_2 o mediana y Q_3 , y sobre la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución. (Imagen 8)

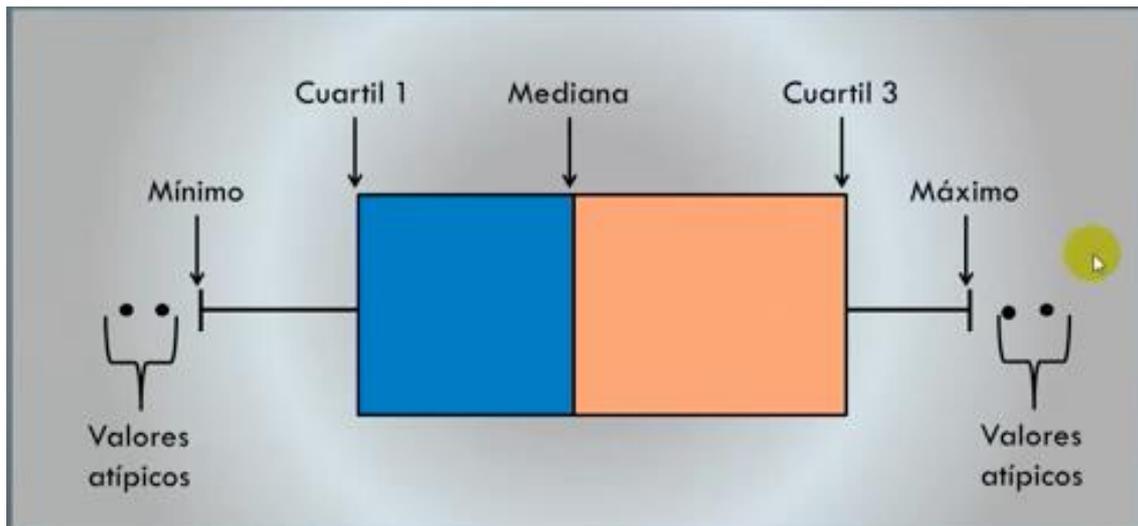


Imagen 9: Partes del diagrama de Caja y Bigote.

En el diagrama presentado a continuación se puede observar la interpretación de los datos del estudio por medio del diagrama de Caja y Bigote. Se puede observar como la mediana se encuentra dentro de los mismos valores en los tres grupos, confirmando una vez más que no difieren el uno del otro. También se puede observar un valor atípico en el diagrama del grupo 2. Por lo tanto el valor superior de fuerzas lo presenta el grupo #1 seguido por el grupo #2 y finalmente #3.

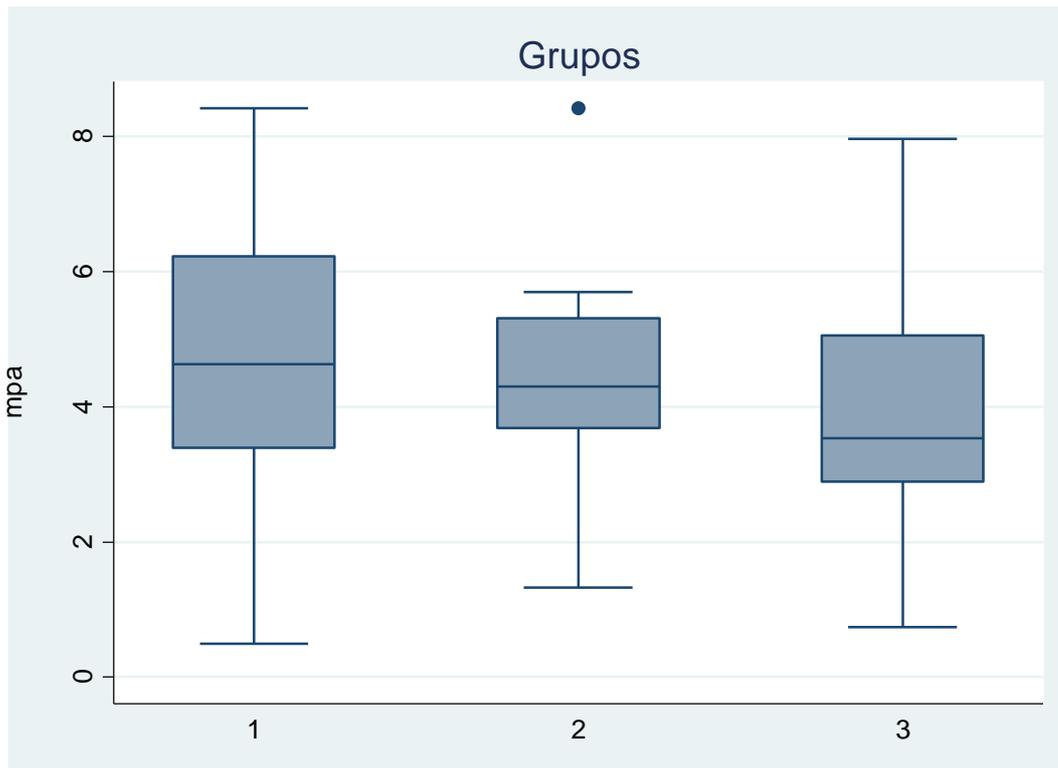


Ilustración 11: Interpretacion de los datos estudiados mediante diagrama de Caja y Bigote.

8. DISCUSIONES

En la actualidad, es muy común la utilización de ionómero de vidrio como base en procedimientos restaurativos con resina, ya que se utiliza principalmente para combatir la sensibilidad postoperatoria, además su módulo de elasticidad es similar a la de la dentina y ayuda a disminuir la reaparición de la caries dental debido a la liberación de flúor. (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012)

Una de las principales aplicaciones del ionómero de vidrio es en restauraciones cervicales en donde los márgenes son tanto de esmalte como de dentina. Su adhesión al tejido dentinal es de gran eficacia, pero debido a su baja calidad estética se ha optado por la aplicación de resina compuesta sobre el ionómero. Otra aplicación usual del

ionómero de vidrio es en restauraciones con cavidades muy profundas o en piezas sensibles utilizando a éste como base. (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012)

La naturaleza heterogénea de la dentina y el dificultoso control de la humedad son desventajas que complican un perfecto sellado en la unión dentinal. En cavidades grandes y profundas con una o dos restauraciones marginales localizadas en dentina, es recomendable la técnica de colocar varias capas de resina para limitar la microfiltración y mejorar la adhesión de la resina tanto a las paredes dentinales así como también al ionómero de vidrio. Además, al utilizar esta técnica se pueden aprovechar los beneficios del ionómero de vidrio, es decir, su buena adhesión iónica, su bajo módulo de elasticidad, su absorción de estrés de fuerzas de masticación y su propiedad de liberación de cationes. (Bona , Pinzetta, & Rosa , 2009)

La unión entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta es de naturaleza micro mecánica, es por esta razón que existen varios debates en cuanto al uso o no de grabado de ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio.

Se han realizado varios estudios en los cuales se ha demostrado que el uso del grabado con ácido fosfórico al 35% para lograr una mejor adhesión de los sistemas adhesivos al ionómero de vidrio y a la dentina, producen un mayor porcentaje de éxito a largo plazo. Sin embargo, también se ha demostrado que el uso de este procedimiento puede provocar una mayor sensibilidad postoperatoria, por lo que algunos clínicos prefieren aplicar únicamente el acondicionador de dentina (ácido poli acrílico) del ionómero de vidrio (Primer), el cual penetra en la malla de colágeno favoreciendo la adhesión micro mecánica entre el ionómero de vidrio y el tejido dentario. De esta manera se colocaría ácido fosfórico únicamente en las paredes de esmalte y dentina de la cavidad para crear una micro retención con los sistemas adhesivos de la resina. (Guzmán A. , 2000)

Por otro lado, en otros estudios se recomienda que la aplicación del ácido fosfórico al 35% sobre el ionómero de vidrio se aplique durante un corto tiempo ya que este puede causar un deterioro del ionómero de vidrio. (Smith & Soderholm, The effect of surface morphology on the shear bond strength of glass ionomer to resin, 1988) (Taggart & Pearson, 1991) El grabado ácido forma una zona débil y porosa en el ionómero de vidrio que puede ser parcialmente reforzada con el adhesivo. Durante las pruebas de cizallamiento, la fractura se produce en esta región debilitada. Ya que en varios estudios se ha registrado que la fractura se da en el ionómero de vidrio, en lugar de la unión entre el ionómero y la resina compuesta. (Wexler & Beech, 1988) (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012)

En el presente estudio se evaluó la fuerza de adhesión entre la resina y el ionómero de vidrio siendo sometidas a fuerzas de cizallamiento utilizando o no el ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero.

Los objetivos de este estudio se pudieron cumplir ya que se determinó que la fuerza de adhesión del ionómero de vidrio y la resina sin la aplicación del ácido fosfórico tuvo un promedio de 4.73 MPa, siendo el grupo que presentó la mayor fuerza de adhesión.

Con estos resultados, la hipótesis de este estudio queda comprobada.

Al igual que los estudios mencionados, en esta investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las fuerzas de adhesión registradas del grupo 1, en el cual no se utilizó ácido fosfórico; del grupo 2, en el cual se utilizó ácido durante 15 segundos; y del grupo 3, en el cual se utilizó ácido durante 30 segundos. Estos valores estadísticos nos ayudan a concluir que el uso del ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio es innecesario para este tipo de procedimientos operatorios, llamados “técnica sándwich”, en los que se utilice ionómero de vidrio y resina. Sin embargo, cabe recalcar que en estos procedimientos se debe utilizar ácido

fosfórico únicamente en la zona del esmalte y dentina de la cavidad, para que así se elimine el barrillo dentinario y forme micro porosidades para lograr una mejor adhesión y retención micro mecánica con la resina. (Carvajal, Ferreto, & Lafuente, 2012) (Bona , Pinzetta, & Rosa , 2009).

Los resultados de las fuerzas de adhesión obtenidas en este estudio para el ionómero de vidrio (Vitremmer) no grabados (0.50 a 8.42 MPa) concuerdan con estudios anteriores en los que se ha demostrado que el ionómero de vidrio no grabado, presenta mejor resistencia al cizallamiento al ser comparados con grupos en los que se utilizó grabado ácido.

Sin embargo, este estudio y el de Carvajal et.al difieren alarmantemente en cuanto a las fuerzas obtenidas en los grupos sin grabado ácido, ya que en su estudio presentan fuerzas registradas superiores a los 30 MPa y en el presente estudio las fuerzas fueron de 4.73 MPa. Teniendo una diferencia de 22 MPa. Estas diferencias pueden deberse a:

- Tipo de material utilizado, en este estudio se utilizó resina Filtek Supreme Ultra A1 Dentin Shade, mientras que en el estudio de Carvajal et. al., utilizaron resina Z-100. Ambas de la casa comercial 3M ESPE.
- Cantidad de material utilizado. En este estudio se utilizaron dos porciones de resina, cada una de 3 mm, obteniendo un cilindro con un diámetro de 6 mm, mientras que en el estudio de Carvajal et. al., se realizó un cilindro con un diámetro de 2 mm.
- El área de resina adherida al ionómero de vidrio. Para calcular el área de la resina se utilizó la fórmula del área del círculo, la cual es $\pi * R^2$. En este caso el área de resina utilizada en este estudio fue de 28,26 mm², debido a que el diámetro fue de 6 mm y el radio de 3 mm. Mientras que, el área de

resina utilizada en el estudio de Carvajal et. al., fue de 3.14 mm², debido a que el diámetro fue de 2 mm y el radio de 1 mm.

Por otro lado, Palmir et. al., en su estudio similar a este, presentaron que la aplicación de ácido fosfórico durante 30 segundos fue el grupo que obtuvo un mayor promedio de fuerzas de adhesión (12.7 MPa), seguido por el grupo sin grabado ácido (10.1 MPa) y por último el grupo con grabado ácido durante 15 segundos (10 MPa). Al realizar los estudios estadísticos, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. (Pamir, Hakan , & Özgür , 2012) A diferencia de este estudio, el grupo que obtuvo un mayor promedio de fuerzas fue el sin grabado ácido con 4.73 MPa, seguido del grupo con ácido por 15 segundos con 4.36 MPa y por último el grupo con ácido por 30 segundos con 3.90 MPa. De igual manera, al realizar los estudios estadísticos, tampoco se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

En la siguiente tabla podemos comparar las fuerzas de adhesión entre los estudios previos y el presente estudio:

	Carvajal et. al.	Palmir et. al.	Presente estudio
Sin ácido	48 MPa	10.1 MPa	4.73 MPa
Ácido 15 segundos	44 MPa	10.0 MPa	4.36 MPa
Ácido 30 segundos	—	12.7 MPa	3.90 MPa

Tabla 15: Comparación de fuerzas entre los estudios revisados.

A pesar de que no existen diferencias estadísticamente significativas se podría recomendar el uso de adhesivos autograbantes o “self etch”. Estos adhesivos tienen las mismas características del ácido fosfórico y del adhesivo.

Con el presente estudio se ha demostrado que el grabado con ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio, no altera en ningún sentido a la fuerza de adhesión entre la resina compuesta y el ionómero de vidrio (Vitremer). Los estudios estadísticos efectuados no demostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos.

Aun así, al realizar un promedio de las fuerzas registradas en este estudio, se pudo concluir que mientras mayor sea la exposición de ácido fosfórico sobre la superficie del ionómero de vidrio, presentará menor fuerza de adhesión con la resina compuesta, es decir, el grupo con mayor fuerza de adhesión registrada fue aquel que no utilizó un grabado ácido.

Clínicamente debemos tomar en cuenta que in vivo estos valores de fuerza de adhesión podrían ser superiores ya que el ionómero no está expuesto a la humedad de la cavidad oral ya esta unión está sellada por la adhesión de la resina al esmalte por lo que no existiría esta situación a menos que estén filtradas.

9. CONCLUSIONES

- El promedio de las fuerzas entre los 3 grupos fue de 4.33 MPa. Siendo el Grupo #1 (Sin ácido) el que presentó el promedio más alto de fuerzas de adhesión entre el ionómero de vidrio y resina compuesta luego de haber sido sometidos a una fuerza de cizallamiento.
- El promedio de fuerzas registradas entre el ionómero de vidrio y resina compuesta, sin el uso de ácido fosfórico (Grupo #1), luego de ser sometidas a fuerzas de cizallamiento fue de 4.73 MPa.

- El promedio de fuerzas registradas entre el ionómero de vidrio y resina compuesta, con un grabado de ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos (Grupo #2), luego de ser sometidas a fuerzas de cizallamiento fue de 4.36 MPa.
- El promedio de fuerzas registradas entre el ionómero de vidrio y resina compuesta, con un grabado de ácido fosfórico al 35% durante 30 segundos (Grupo #3), luego de ser sometidas a fuerzas de cizallamiento fue de 3.90 MPa.
- Al realizar dos análisis estadísticos, tanto el test de Bonferroni como el test de Tukey-Kramer, se llegó a la conclusión que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los 3 grupos de estudio ya que el valor de p fue mayor a 0.05.
- Según los estudios realizados el mejor tipo de tratamiento del ionómero utilizado como base antes de colocar una resina compuesta, resultó ser el grupo sin el uso de ácido fosfórico al 35%.

10. RECOMENDACIONES

- Es necesario la realización de más estudios relacionados a la fuerza de adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina para obtener mayor información del tema ya que en la actualidad es relativamente escasa.
- Para la realización de futuros estudios similares, se recomienda aumentar el número de muestras para tener menos valores atípicos.
- En las futuras investigaciones deberían realizar estudios in vivo y registrar el tiempo de vida de una restauración con ionómero de vidrio y resina y compararlo con el estudio in vitro, debido a posibles factores alterantes.

- Se recomienda hacer estudios con el uso de adhesivos autograbantes (self-etch) ya que podría mejorar la adhesión entre el ionómero de vidrio y la resina al poseer las propiedades tanto del ácido fosfórico como del adhesivo.
- Se recomienda hacer el mismo estudio sin el envejecimiento de las muestras.

Bibliografía

- Carvajal, M., Ferreto, I., & Lafuente, D. (Noviembre de 2012). Adhesión de resina compuesta a ionómeros de vidrio con nanorelleno. *Revista ADM* , 277-281.
- Dentsply. (Mayo de 2011). Los Ionomeros de Vidrio en la Odontología de hoy. *Revista Dentsply* .
- Lanata, E. J. (2003). *Operatoria Dental*. Buenos Aires: Grupo Guía.
- Cabrera Villalobos, Y., Álvarez Llanes, M., Gómez Mariño, M., & Casanova Rivero, Y. (15 de Junio de 2009). En busca del cemento adhesivo ideal: los ionómeros de vidrio. *Scielo* .
- Cova, J. L. (2010). *Biomateriales Dentales*. Caracas: AMOLCA.
- Anusavice, K. (2004). *Phillips Ciencia de los Materiales Dentales*. Gainesville : ELSEVIER.
- Bona , A., Pinzetta, C., & Rosa , V. (2009). Microfiltración de restauraciones sándwich ionómero de vidrio grabadas con ácido. *Revista de Mínima Intervención en Odontología* , 208.
- Hervás García, A., Martínez Lozano, M. A., Cabanes Vila, J., Barjau Escribano, A., & Fos Galve , P. (2006). Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clinicas. *Odontología Clínica* , 216.
- Wakasa, K., Yamaki, M., & Matsui, A. (27 de Octubre de 1995). Calculation models for average stress and plastic deformation zone size of bonding area in dentine bonding systems. *Dental Materials Journal* , 152-165.
- Guzmán, H. (2013). *Biomateriales odontológicos de uso clínico*. Indiana: ECOE.
- Universidad Industrial de Santander. (2008). Caries Dental. *Guía Odontológica para Manejo y Tratamiento de la Caries Dental* .

- Encinas, G. (2001). Caries dental. *Revista ADM* .
- Fernández, A., & Donna, M. (2008). *Adhesión a los Tejidos Calcificados del Diente*.
Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- Lahoud Salem, V. (2002). Adhesión de los Materiales Dentales. *Odontología Sanmarquina* .
- Álvarez, M. A. (2009). *Microabrasión del esmalte*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Lima.
- Iruretagoyena, M. (Abril de 2014). *Tipos de resina compuesta: La elección para distintos casos clínicos* . Recuperado el 3 de Noviembre de 2014, de Salud Dental para Todos :
<http://www.sdpt.net/OPERATORIADENTAL/tiposresinacompuesta.htm>
- Colegio Profesional de Protésicos Dentales de la ciudad de Madrid. (2000).
Diccionario de Prótesis Dental. Madrid: Gráficas Hervi.
- Barrancos Mooney, J., & Barrancos, P. (2006). *Operatoria Dental: Integración clínica*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Gutierrez , S. (2006). *Fundamentos de ciencias básicas ampliadas a la odontología*.
Editorial Javeriana.
- Villafrancia, F., Mondragon, M., & García , A. (2005). *Manual del Técnico Superior en Higiene Bucodental*. Editorial Mad, S.
- Gómez, F., & Peña. (2013). *Valoración del riesgo asociado a caries*. Recuperado el 19 de 11 de 2014, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2014/od142c.pdf>.
- Loesche, W. J. (Diciembre de 1986). Role of Streptococcus Mutans in human dental decay. *Microbiological Reviews* , 353-380.

- Figueiredo, L., Ferelle, A., & Issao, M. (2000). *Odontología para el Bebé*. Artes Médicas.
- Quintero, A. M., & García, C. (2013). Control de la higiene oral en los pacientes con ortodoncia. *Revista Nacional de Odontología* .
- Liebana, J. (2002). *Microbiología Oral*. McGraw-Hill Interamericana.
- Duque, J., & Pérez, J. (2006). Caries dental y ecología bucal, aspectos importantes a considerar. *Scielo* .
- Barkemeier, W., & Erickson, R. (1994). Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond Multi-Purpose. . *Am J Dent* 7 , 175-179.
- Zanata, R., Navarro, M., ISHIKIRIAMA , Á., Silva, M., & Delazari, R. (1997). Bond Strength Between Resin Composite and Etched and Non-etched Glass Ionomer. *Braz Dent Journal* .
- Vela, F. (2010). *Universidad Autonoma Metropolitana*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de Normalidad de los errores:
<http://mregresion.files.wordpress.com/2011/10/normalidad.pdf>
- Vicente, J. L. (nf). *Biplot*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2014, de Introducción al Análisis de la Varianza:
<http://biplot.usal.es/problemas/libro/7%20ANOVA.pdf>
- Pamir, T., Hakan , B., & Özgür , E. (14 de Septiembre de 2012). Effects of etching and adhesive applications on the bond strength between composite resin and glass-ionomer cements. *Scielo* , 636-642.
- Llopis, J. (28 de Enero de 2013). *La Estadística: Un aorequesta hecha instrumento*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de Test de Bonferroni:
<https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/28/test-de-bonferroni/>

- Smith, G. E., & Soderholm, J. M. (1988). The effect of surface morphology on the shear bond strength of glass ionomer to resin. *Oper Dent* 13 , 168-172.
- Smith, G. E. (1988). Surface deterioration of glass-ionomer cement during acid etching: an SEM evaluation. *Oper Dent* 13 , 3-7.
- Wexler , G., & Beech, D. (1988). Aust Dent J. *Bonding of a composite restorative material to etched glass ionomer cement* , 33, 313-318.
- Taggart, S., & Pearson, G. (1991). The effect of etching on glass polyalkenoate cements. *Journal of Oral Rehabilitation* , 31-42.
- Blakey, G., Marciani, R., Haug, R., Phillips, C., Offenbacher, S., Pabla, T., y otros. (2002). Periodontal Pathology Associated With Asymptomatic Third Molars. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* .
- White, R., Offenbacher, S., Phillips, C., Haug, R., Blakey, G., & Marciani, R. (2002). Inflammatory Mediators and Periodontitis in Patients With Asymptomatic Third Molars. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* .
- Mansfield, J., Campbell, J., Bhandari, A., Jesionowski, A., & Vickerman, M. (2012). Molecular Analysis of 16S rRNA Genes Identifies Potentially Periodontal Pathogenic Bacteria and Archaea in the Plaque of Partially Erupted Third Molars. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* .
- White, R., Fisher, E., Phillips, C., Trucker, m., Moss, K., & Offenbacher, S. (2011). Visible Third Molars as Risk Indicator for Increased Periodontal Probing Depth. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons J Oral Maxillofac Surg* , 2-3.
- Anit, P. (2010). PERIODONTO. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons J Oral Maxillofac Surg* .

- Castillo , H., & Universidad Anáhuac Mayab. (S.F). Enfermedades Periodontales y factores de riesgo. *Universidad Anáhuac Mayab IMSS* .
- Marciani, R. (2012). Is There Pathology Associated with Aymptomatic Third Molars? *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons J Oral Maxillofac Surg* , 70:15-19.
- Castilla, & Leon. (2010). *Higuienistas dentales*. MAD. Eduforma.
- White, R., Offenbacher , S., Blakey, G., Haug, R., Jacks, T., Nance, P., y otros. (2006). Chronic Oral Inflammation and the Progression of Periodontal Pathology in the Third Molar Region. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons J Oral Maxillofac* , 64.
- Moss,, K., D. Serlo, , A., Offenbacher,, S., D. Beck,, J., Mauriello,, S., & P. White, R. (2007). The Oral and Systemic Impact of Third Molar Periodontal Pathology. *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* .
- Mehrabi, M., Allen, J., & Roser, S. (2007). Therapeutic Agents in Perioperative Third Molar Surgical Procedures. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* , 69-84.
- García , F., Toro, O., Vega , M., & Verdejo , M. (2009). Erupción y Retención del Tercer Molar en Jóvenes entre 17 y 20 Años, Antofagasta, Chile. *Int. J Morphol* , 27 (3), 727.
- Echeverria, A., Vignoletti, F., Fabrizzi, S., & Matesanz, P. (2007). Papel etiológico de los virus en la enfermedad periodontal. *Avances en Periodoncia* , 19 (2).
- Lindhe, J. (2009). *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- ESCUADERO , N. C., PEREA, M. G., & BASCONES, A. M. (2008). Revisión de la periodontitis crónica: Evolución y su aplicación clínica. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral* , 20 (1).

- OCWUS US. (S.F). *CIRUGIA BUCAL*. Recuperado el 27 de 09 de 2014, de
http://ocwus.us.es/estomatologia/cirugia-bucal/cirugia_bucal/tema-24/page_04.htm
- Clínica dental. (2014). *Enfermedad Peridontal*. Recuperado el 30 de 09 de 2014, de
<http://www.clinicadentalh.com/tag/enfermedad-periodontal/>
- CLINICA DENTAL UDAETA. (2014). *The Implant Team*. Recuperado el 30 de 09 de 2014, de Periodontal Disease: <http://theimplantteam.com/wp-content/uploads/2013/12/Periodontal-Image5.jpg>
- Lizaso, & Varsallo. (2014). *The Implant Team*. Recuperado el 30 de 09 de 2014, de Periodontal Disease: <http://theimplantteam.com/wp-content/uploads/2013/12/Periodontal-Image5.jpg>
- Arboleda , C., & Majadohonda. (26 de 11 de 2010). *Cirugía Bucal Cordales Incluidos*. Recuperado el 30 de 09 de 2014, de ¿Que son los terceros molares o las muelas del juicio?:
<http://www.digidentcr.com/administrador/articles/hallazgos-en-anatom%C3%ADa-radiol%C3%B3gica-10.html>
- Guzmán, A. (2000). EVALUACIÓN CLÍNICA DE UN IONÓMERO DE VIDRIO MODIFICADO EN ODONTOPIEDIATRÍA. *Acta Odontológica Venezolana* .

ANEXOS

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	13.6	0.00	N/F

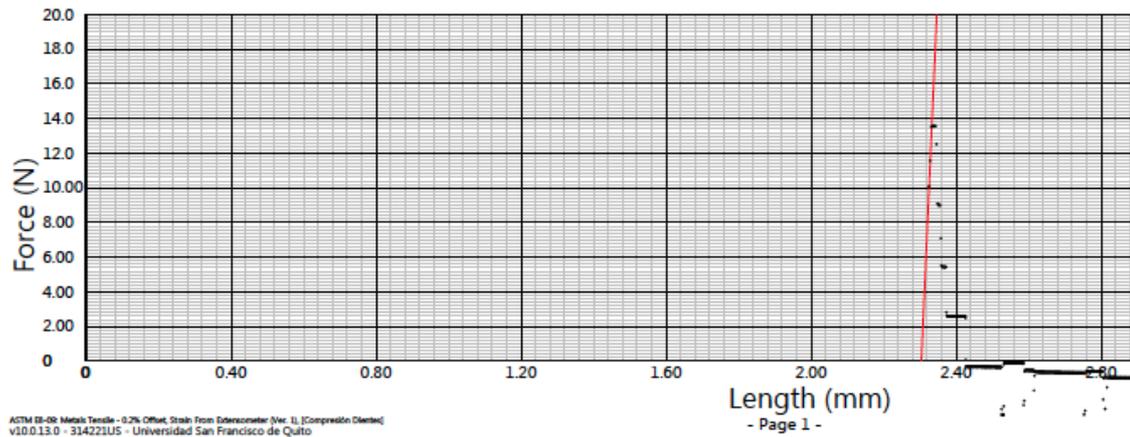


Ilustración 12: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 1.
Fuerza máxima registrada 13.6 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	109	0.00	N/F

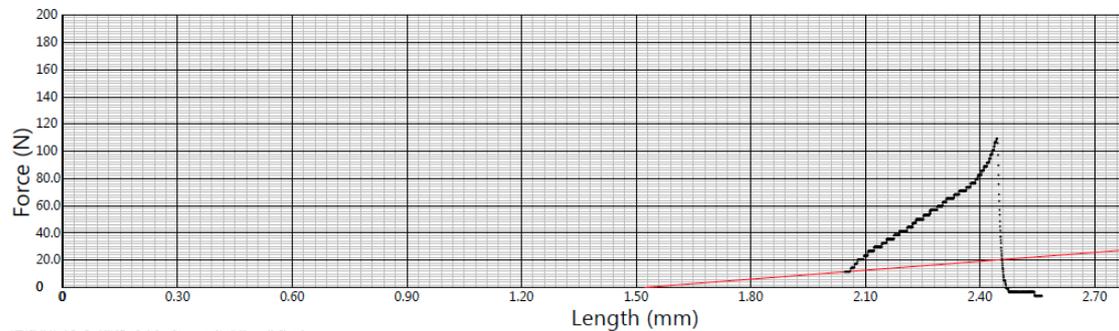


Ilustración 13: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 1.
Fuerza máxima registrada 109 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	135	0.00	N/F

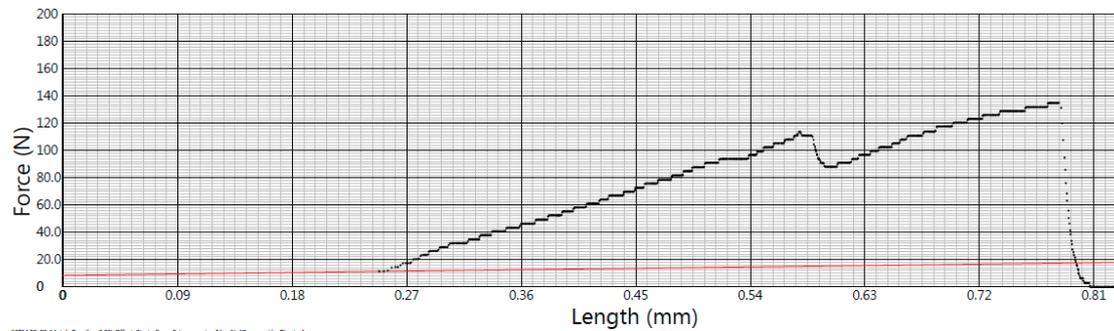


Ilustración 14: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 135 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	127	0.00	N/F

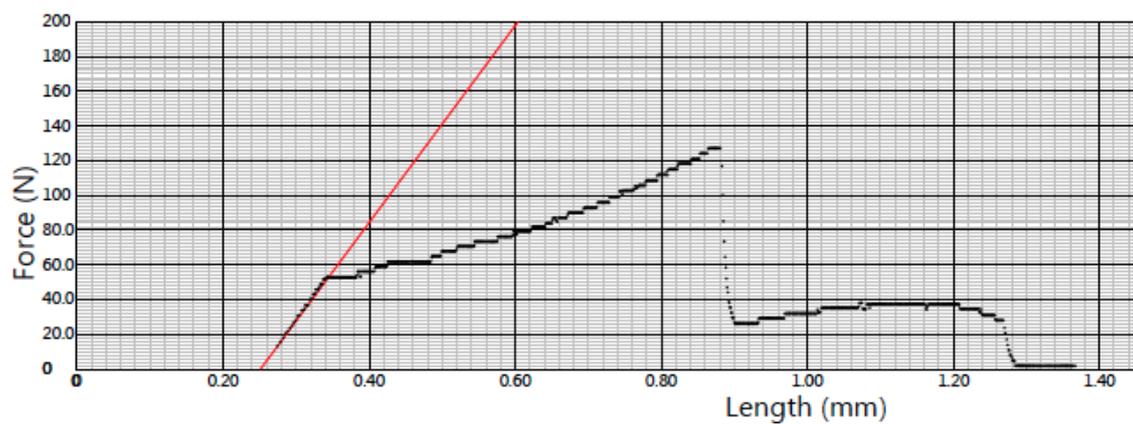


Ilustración 15: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 127 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	176	0.00	N/F

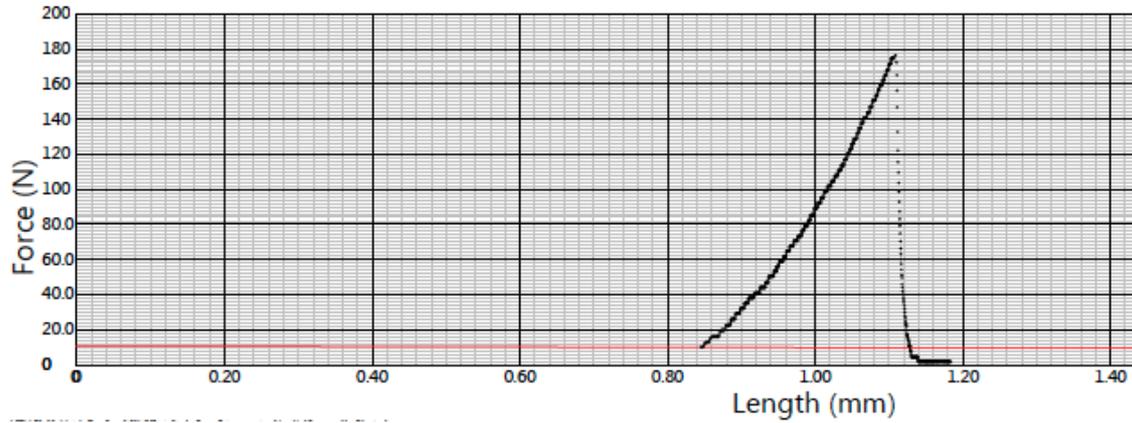


Ilustración 16: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 176 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	96.5	0.00	N/F

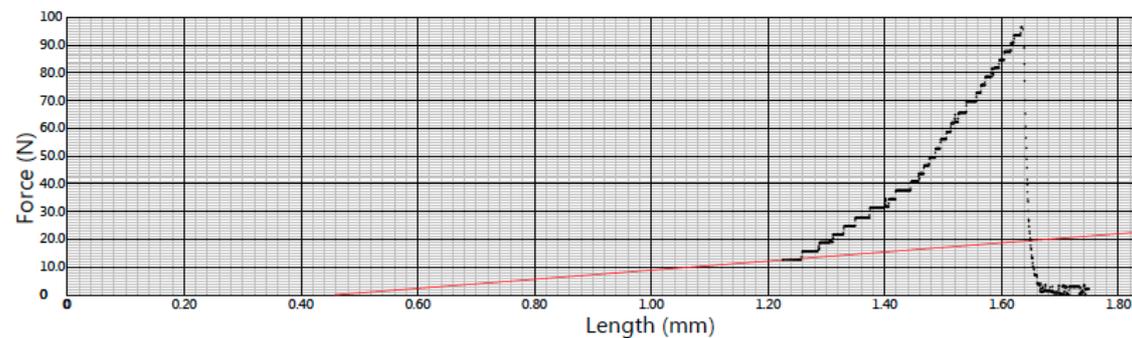


Ilustración 17: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 96.5 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	86.2	0.00	N/F

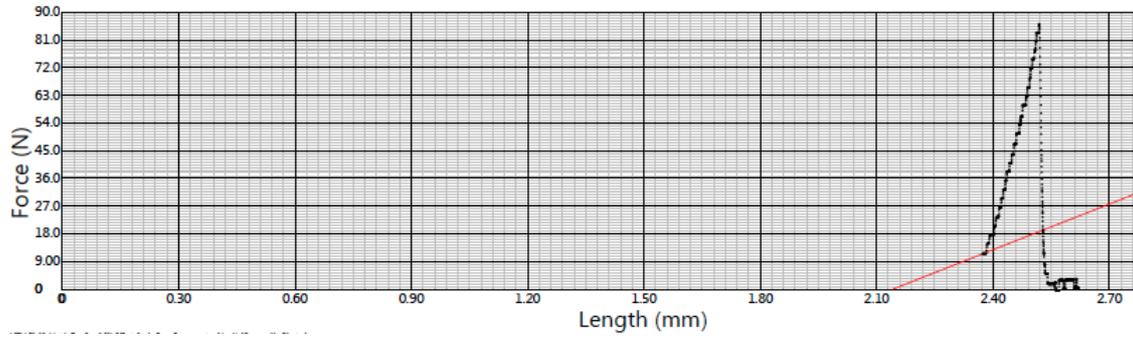


Ilustración 18: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 1.
Fuerza máxima registrada 86.2 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	168	0.00	N/F

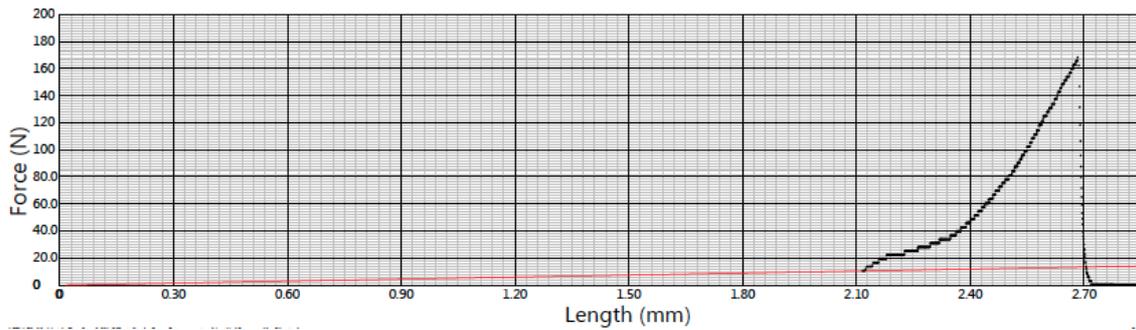


Ilustración 19: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 1.
Fuerza máxima registrada 168 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	188	0.00	N/F

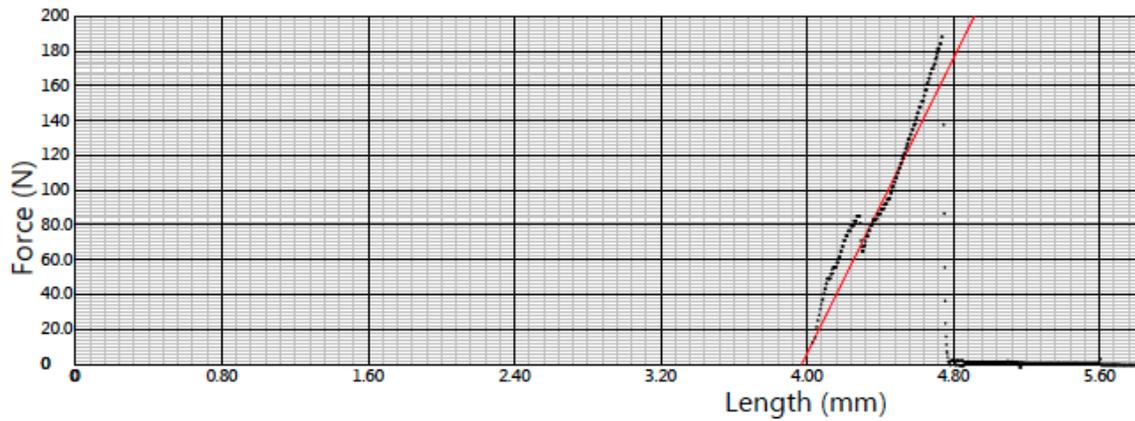


Ilustración 20: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 188 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	238	0.00	N/F

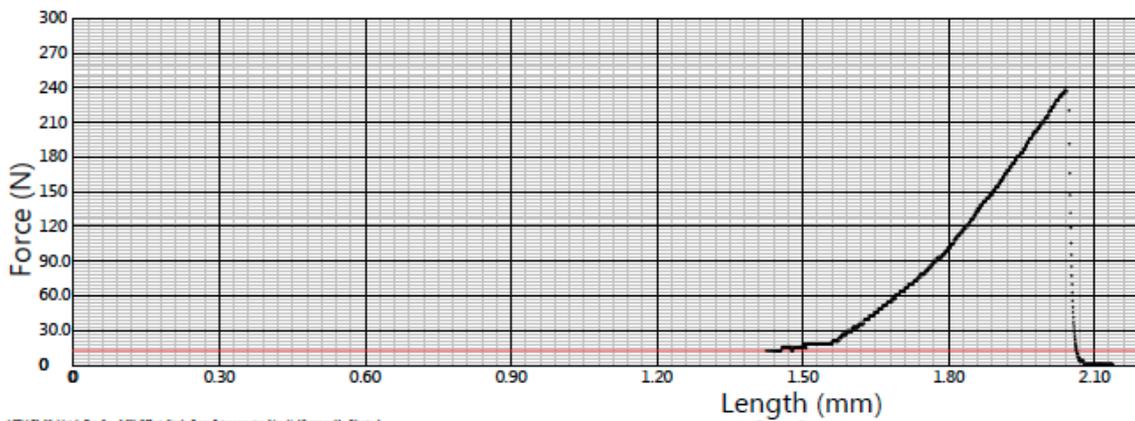


Ilustración 21: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 1. Fuerza máxima registrada 238 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	115	0.00	N/F

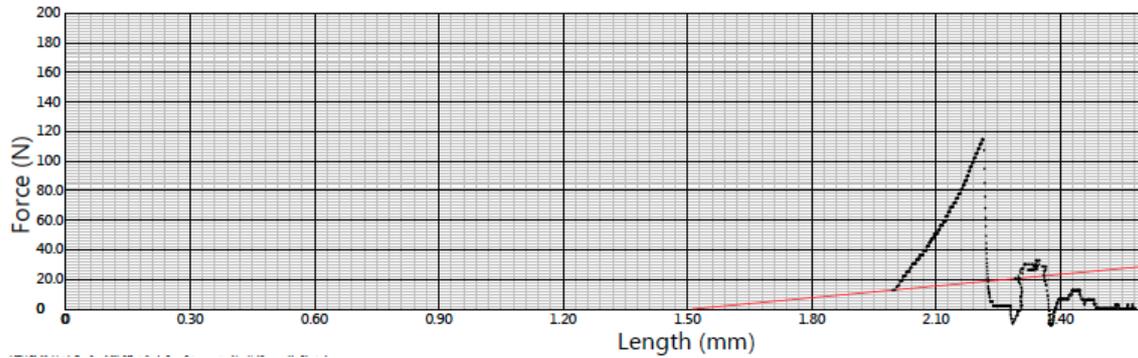


Ilustración 22: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 2.
Fuerza máxima registrada 115 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	37.6	0.00	N/F

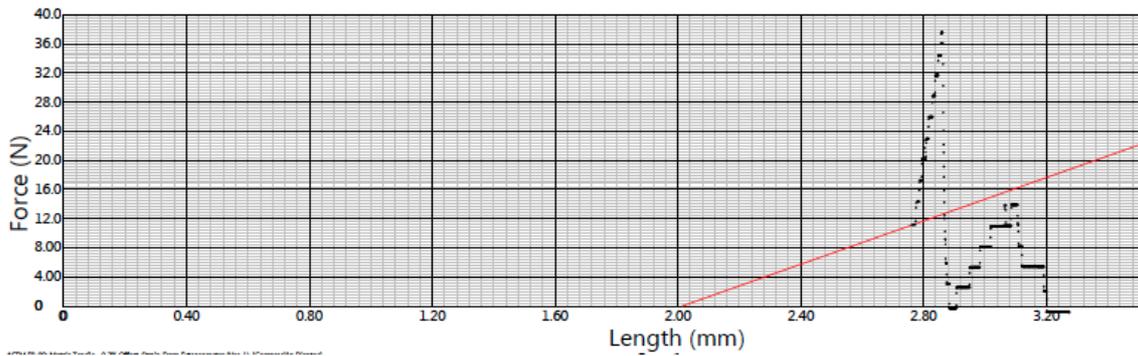


Ilustración 23: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 2.
Fuerza máxima registrada 37.6 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	104	0.00	N/F

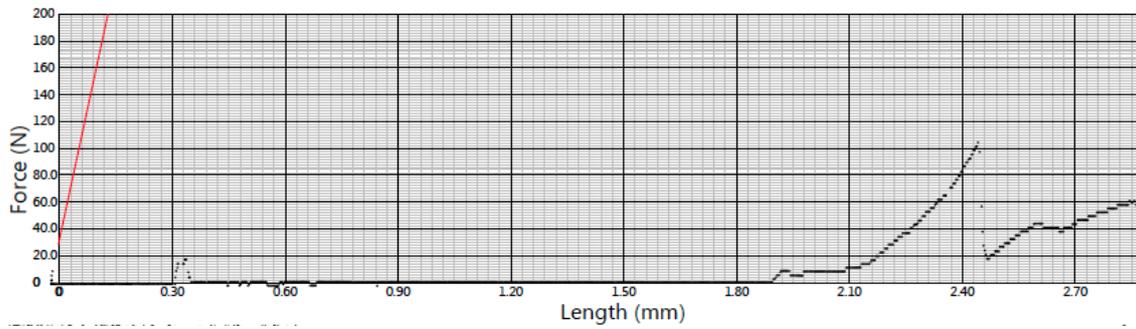


Ilustración 24: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 104 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	150	0.00	N/F

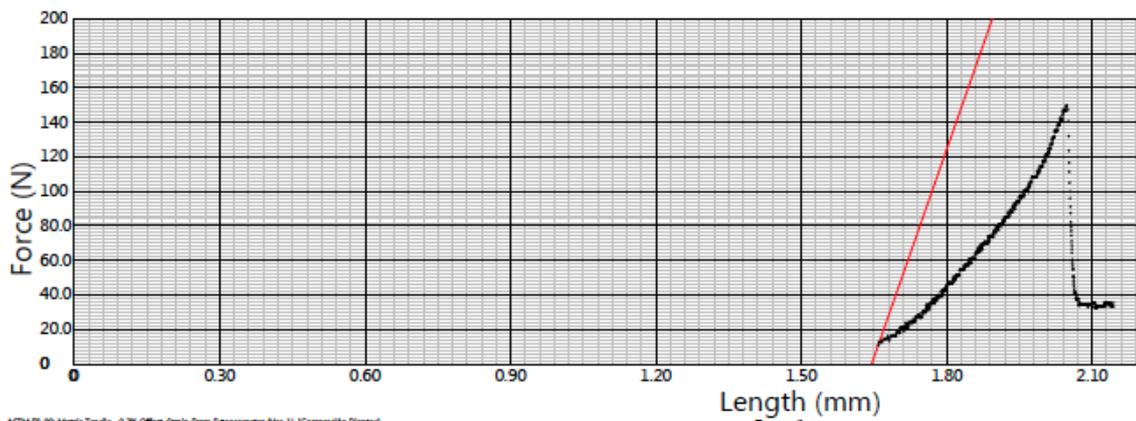


Ilustración 25: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 150 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	238	0.00	N/F

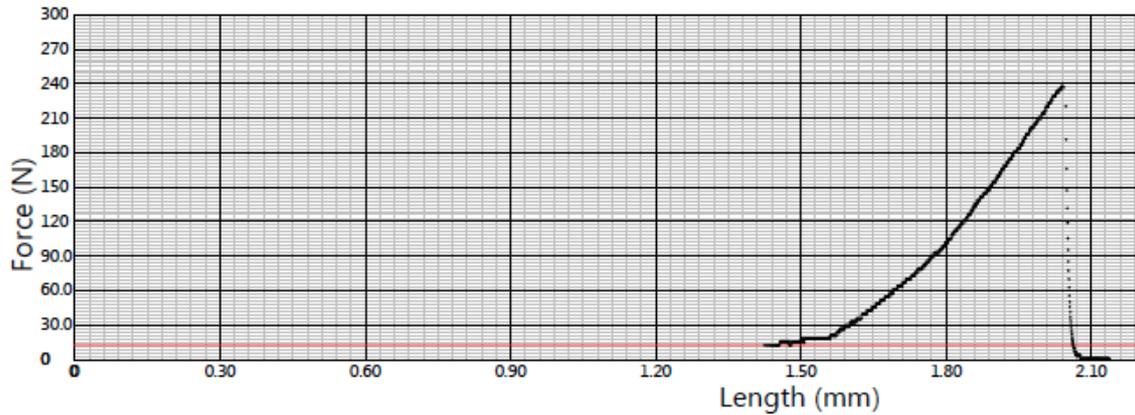


Ilustración 26: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 2.
Fuerza máxima registrada 238 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	49.5	0.00	N/F

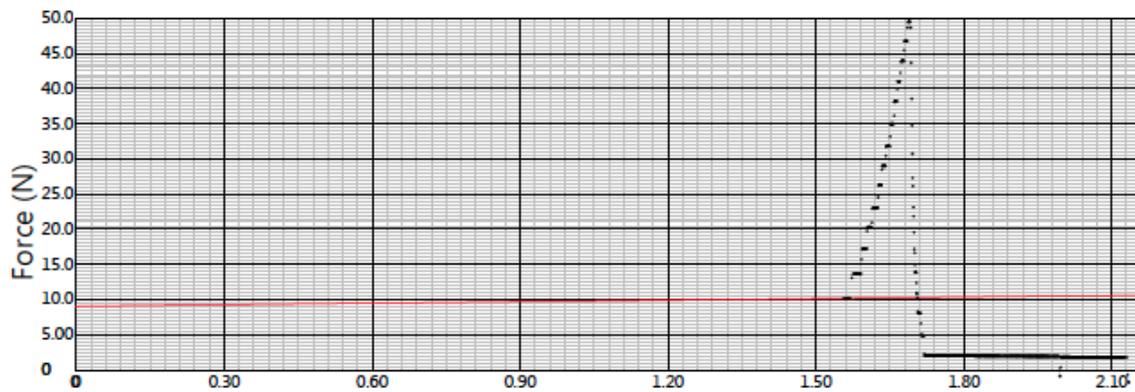


Ilustración 27: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 2.
Fuerza máxima registrada 49.5 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	146	0.00	N/F

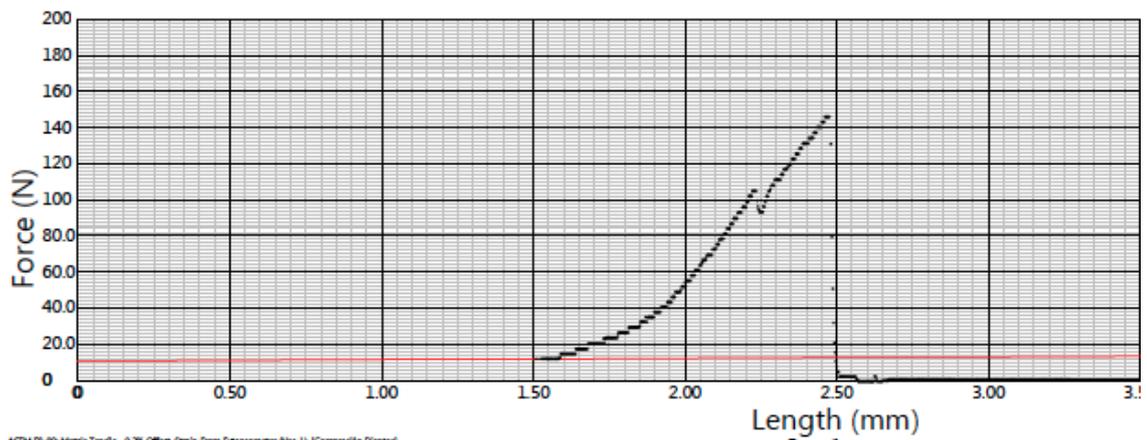


Ilustración 28: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 146 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	104	0.00	N/F

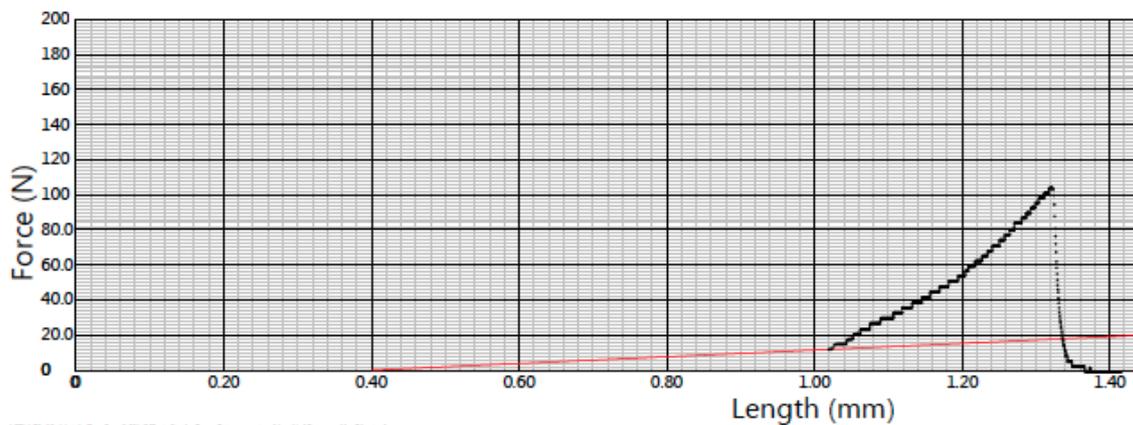


Ilustración 29: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 104 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	126	0.00	N/F

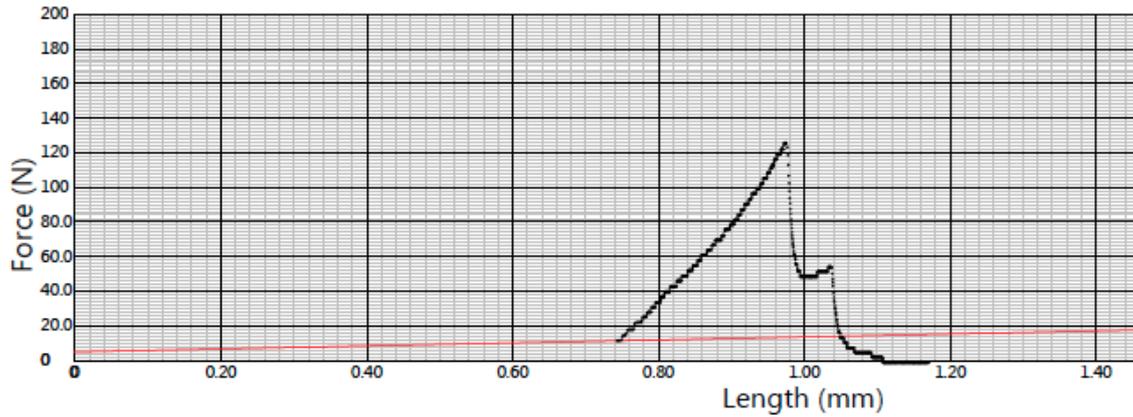


Ilustración 30: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 126 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	161	0.00	N/F

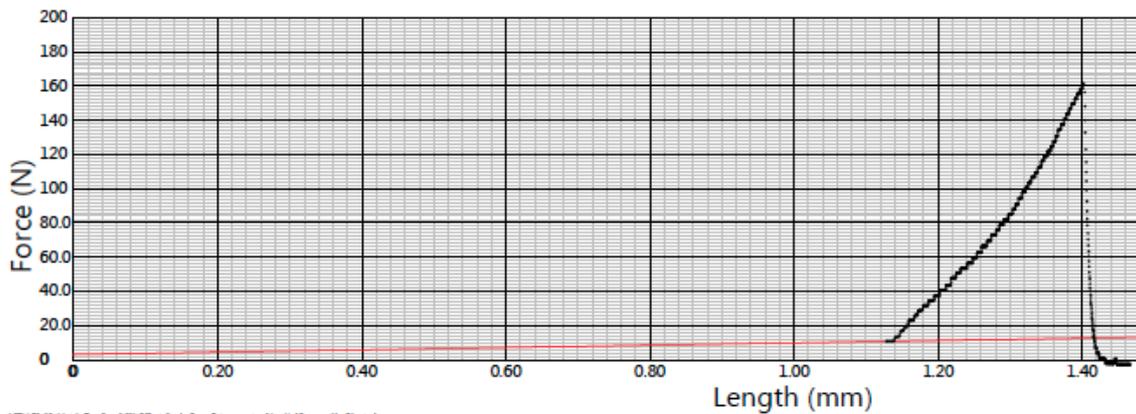


Ilustración 31: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 2. Fuerza máxima registrada 161 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	96.5	0.00	N/F

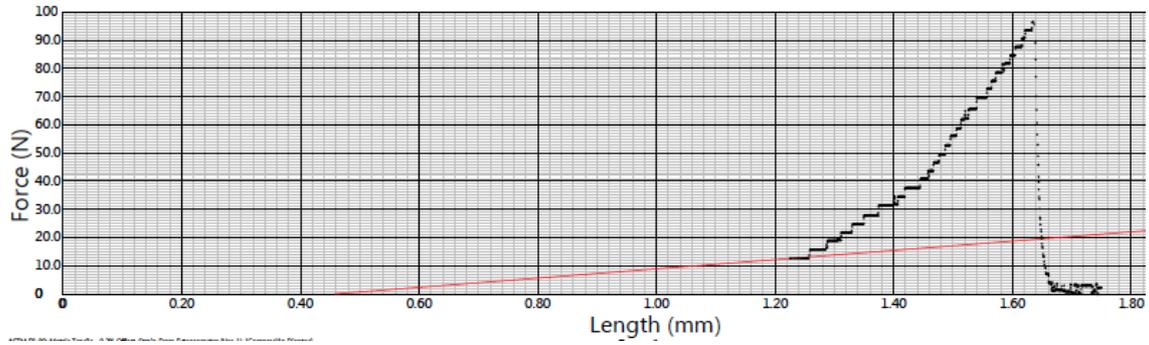


Ilustración 32: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #1 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 96.5 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	178	0.00	N/F

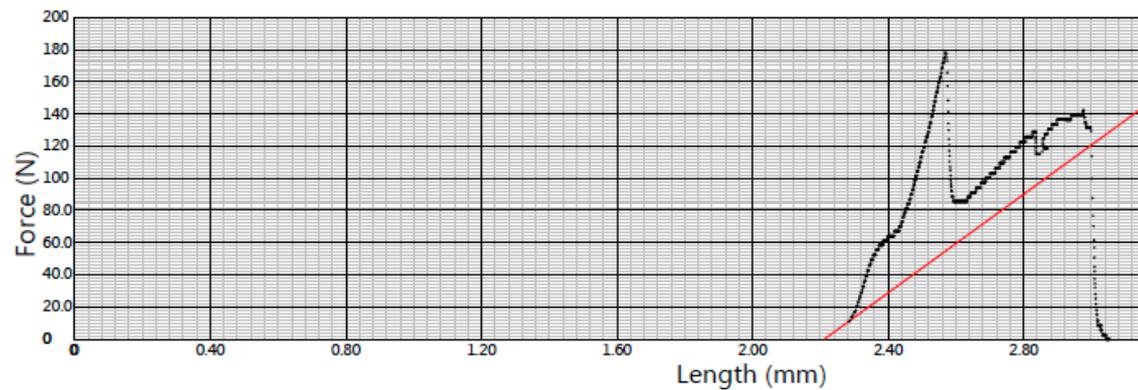


Ilustración 33: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #2 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 178 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	21.3	0.00	N/F

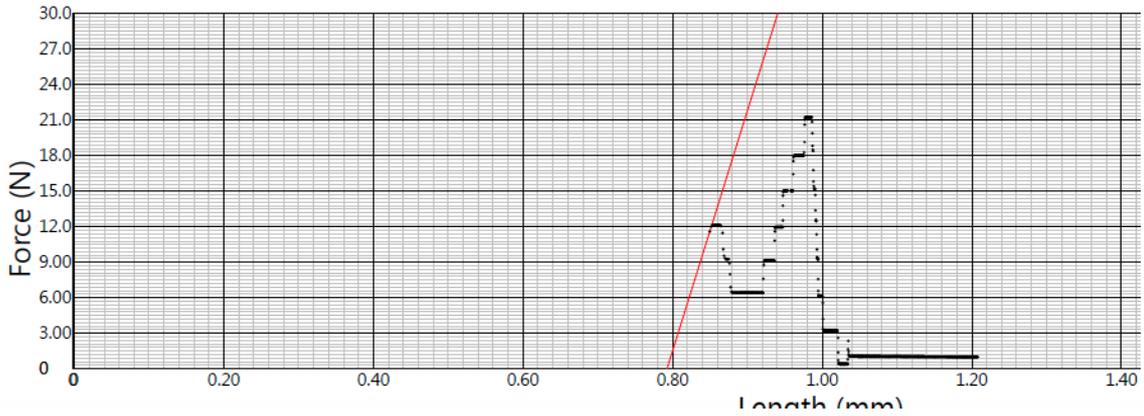


Ilustración 34: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #3 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 21.3 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	81.6	0.00	N/F

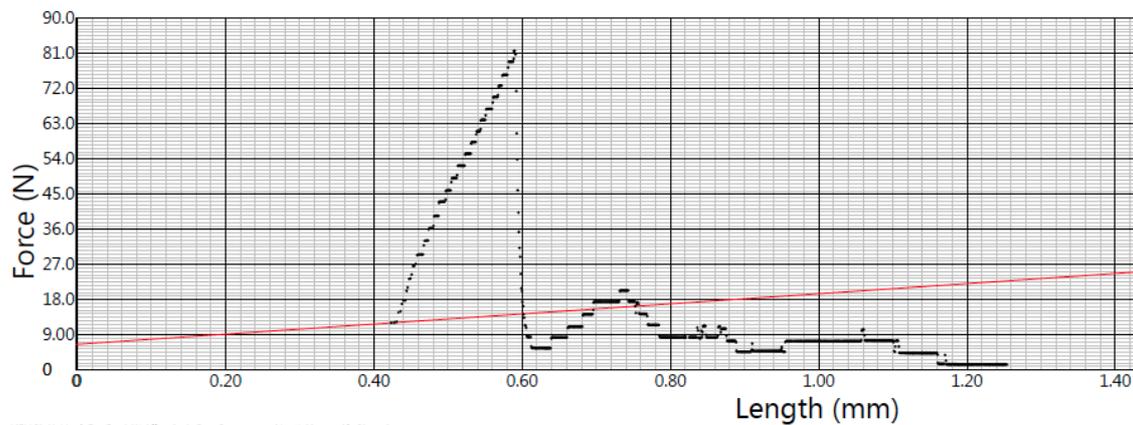


Ilustración 35: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #4 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 81.6 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	225	0.00	N/F

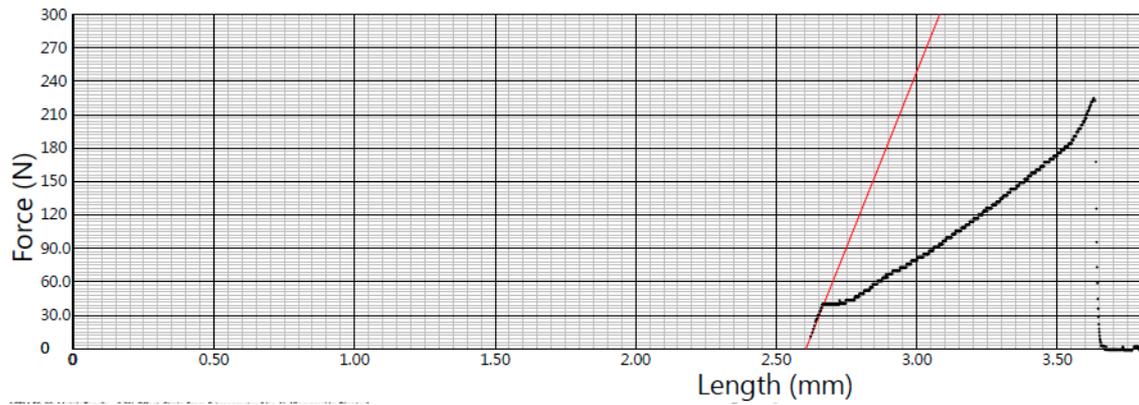


Ilustración 36: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #5 del grupo 3. Fuerza máxima registrada 225 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	37.3	0.00	N/F

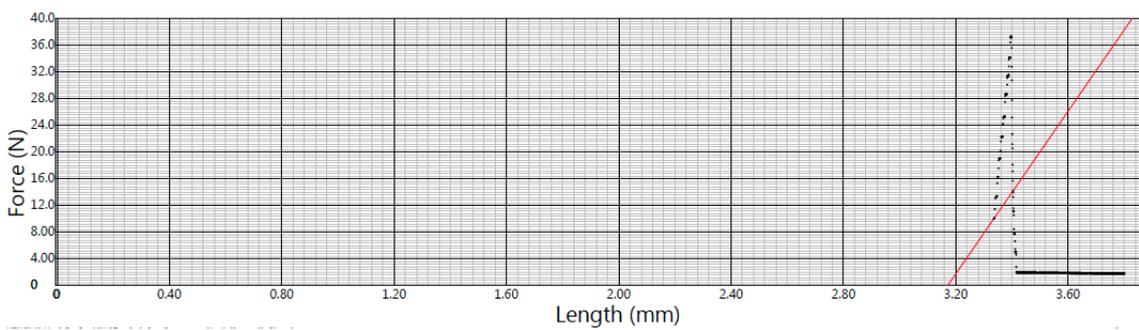


Ilustración 37: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #6 del grupo 3. Fuerza máxima registrada 37.3 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	99.6	0.00	N/F

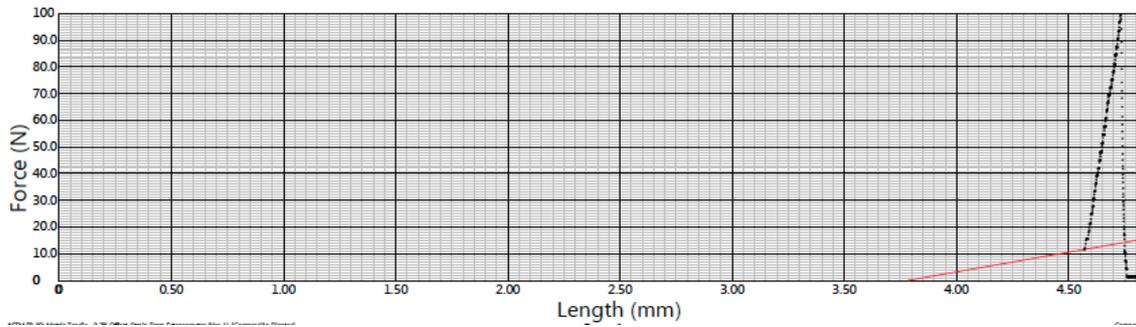


Ilustración 38: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #7 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 99.6 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	143	0.00	N/F

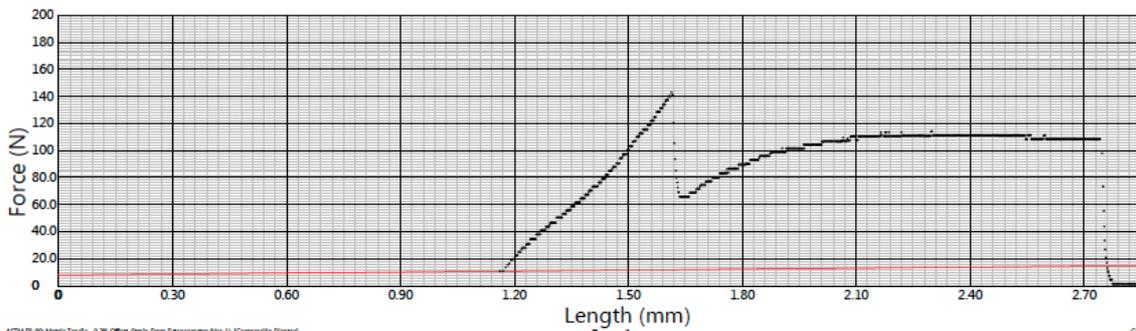


Ilustración 39: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #8 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 143 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	88.7	0.00	N/F

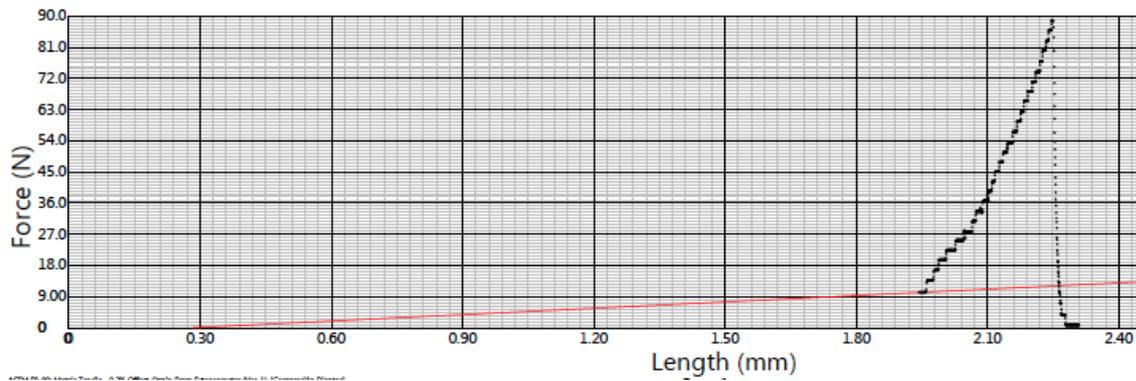


Ilustración 40: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #9 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 88.7 Newtons.

Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Modulus MPa	Offset @ 0.2% N	Offset @ 0.2% MPa	Ultimate Force N	Ultimate Stress MPa	TE (Manual) %
N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	N/F	126	0.00	N/F

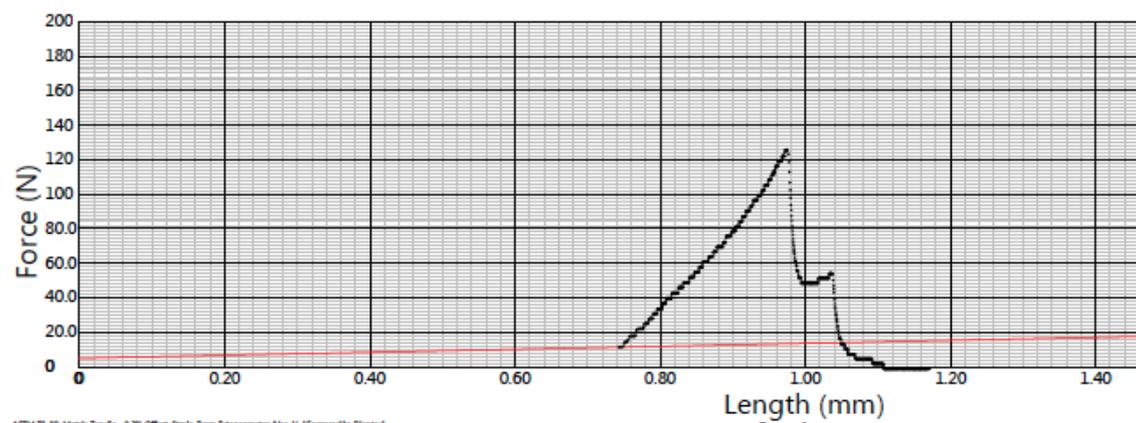


Ilustración 41: Registro de actividad Fuerza/Recorrido de la muestra #10 del grupo 3.
Fuerza máxima registrada 126 Newtons.