

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA FLEXURAL DE FIBRAS DE POLIETILENO
REFORZADAS CON DOS TIPOS DE COMPOSITE FLUIDOS DE ALTA CARGA.**

ESTUDIO *IN-VITRO*

**EVALUATION OF THE FLEXURAL STRENGTH OF POLYETHYLENE FIBERS
REINFORCED WITH TWO TYPES OF HIGH-LOAD FLOWABLE COMPOSITES.**

IN-VITRO STUDY

- María Graciela Lagarde Rodríguez, Odontóloga. Estudiante de la Especialización en Prosthodontia Institución Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC. Bogotá
- Stephany Taylor Molina, Odontóloga. Estudiante de la Especialización en Prosthodontia Institución Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC. Bogotá
- Juliana Vimos Macia, Odontóloga. Estudiante de la Especialización en Prosthodontia Institución Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC. Bogotá
- Gerardo Ardila Duarte, Estadístico. MSc Estadística Universidad Nacional.
- Mónica Forero Zorro, Odontóloga, Especialista en Prosthodontia, Pontificia Universidad Javeriana, Institución Universitaria Colegios de Colombia
- Sonia Rubiela Unriza Puin, Odontóloga, Magister en Ciencias odontológicas, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad El Bosque

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA FLEXURAL DE FIBRAS DE POLIETILENO REFORZADAS CON DOS TIPOS DE COMPOSITE FLUIDOS DE ALTA CARGA.

ESTUDIO *IN-VITRO*

Resumen

Objetivo: Evaluar la resistencia flexural de fibras de polietileno reforzadas con dos tipos de composite fluidos de alta carga, impregnadas y no impregnadas con adhesivo sin carga. **Materiales y métodos:** Estudio experimental in vitro. Se prepararon barras de resina con 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho, asignados en dos grupos (n=30), Bulk Fill Flowable Restorative (BFF) y EverX Flow (EF) y subdivididos en 6 grupos (n=10) Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative (BFF), Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM (BFFR), Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM+ Ribbond Wetting resin (BFFRW), EverX Flow (EF), EverX Flow + Ribbond THM, EverX Flow + Ribbond THM, Ribbond + Ribbond Wetting resin (EFRW). La resistencia a la flexión se midió en un dispositivo universal de pruebas con una velocidad de desplazamiento de 1 mm/min. El análisis estadístico se realizó con el software Real Statistic, iniciando con un análisis descriptivo, análisis de varianza ANOVA y la prueba post hoc de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. **Resultados:** Los resultados del ANOVA demostraron diferencias significativas intragrupo BF ($p=0,000$) y EF($p=0,000$). La prueba de Tukey reveló diferencias significativas intergrupos : BFF – EF ($p=0,013$), BFF – EFRW($p=0,000$), BFFR –EFR($p=0,031$), ,BFFRW – EF($p=0,036$), BFFRW – EFR ($p=0,000$). La mayor resistencia media flexural se presentó en el grupo BFFRW ($131,83 \pm 4,46$ MPa). **Conclusiones:** El uso de adhesivo sin carga durante el

protocolo de aplicación de fibras de polietileno mejora sustancialmente las propiedades mecánicas del material, lo cual podría traducirse en un desempeño clínico superior de las restauraciones en las que se emplea.

Palabras clave: Resistencia Flexional; RIBBOND, Polietilenos

EVALUATION OF THE FLEXURAL STRENGTH OF POLYETHYLENE FIBERS REINFORCED WITH TWO TYPES OF HIGH-LOAD FLOWABLE COMPOSITES.

IN-VITRO STUDY

Abstract

Objective: To evaluate the flexural strength of polyethylene fibers reinforced with two types of high-load flowable composites, impregnated and not impregnated with unfilled adhesive. **Materials and methods:** In vitro experimental study. Resin bars with 25mm length x 2mm height x 2mm width were prepared, assigned into two groups (n=30), Bulk Fill Flowable Restorative (BFF) and EverX Flow (EF) and subdivided into 6 groups (n=10) Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative (BFF), Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM (BFFR), Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM+ Ribbond Wetting resin (BFFRW), EverX Flow (EF), EverX Flow + Ribbond THM, EverX Flow + Ribbond THM, Ribbond + Ribbond Wetting resin (EFRW). The flexural strength was measured on a universal testing device with a travel speed of 1 mm/min. Statistical analysis was performed using Real Statistic software, starting with a descriptive analysis, ANOVA analysis of variance and Tukey's honestly significant difference (HSD) post hoc test. **Results:** The ANOVA results showed significant intragroup differences between BF (p=0.000) and EF (p=0.000). The Tukey test revealed significant intergroup differences: BFF – EF (p=0.013), BFF – EFRW (p=0.000), BFFR – EFR (p=0.031), BFFRW – EF (p=0.036), BFFRW – EFR (p=0.000). The highest mean flexural strength was presented in the BFFRW group (131.83 ± 4.46 MPa). **Conclusions:** The use of unfilled adhesive during the application protocol of polyethylene fibres significantly

enhances the material's mechanical properties, which could translate into superior clinical performance for the restorations in which it is applied.

Keywords: Flexural Strength; RIBBOND, Polyethylenes

Introducción

La restauración de dientes posteriores severamente dañados constituye un desafío en la odontología moderna, debido a que la pérdida de tejido dental altera la biomecánica del diente. Las preparaciones y restauraciones extensas, junto con el tratamiento endodóntico, incrementan la fragilidad estructural, lo que puede generar fallas prematuras en el diente.(1,2).

Para minimizar estos efectos, es crucial elegir procedimientos restaurativos adecuados que consideren factores como la cantidad de tejido remanente, las propiedades funcionales y estéticas, y la reanatomización biológica de la estructura dental.(3) Las resinas compuestas siguen siendo un método de elección debido a sus características mecánicas, estéticas, fácil manejo y buen rendimiento clínico. Sin embargo, la contracción de polimerización y las tensiones resultantes continúan siendo una desventaja de las restauraciones directas, por lo que se han propuesto diversas estrategias, como el uso de resina fluida como base de las resinas compuestas mediante irradiación suave o técnicas incrementales, así como la incorporación de fibras de refuerzo aplicadas directamente en las preparaciones cavitarias.(1,4,5).

Los sistemas Ribbond, que son fibras continuas de polietileno de alto peso molecular, se han desarrollado para mejorar la tenacidad de las resinas compuestas, aumentando su durabilidad y resistencia al daño. Estas fibras tienen múltiples trayectorias de carga que redistribuyen las fuerzas masticatorias sobre un área mayor de la restauración, lo que resulta en una mayor durabilidad debido a la modificación de las tensiones interfaciales mediante un módulo elástico más alto y

un módulo de flexión más bajo.(6,7) No obstante, la colocación de estas fibras puede ser compleja y sensible a la técnica, lo que ha llevado al desarrollo de resinas con fibra preincorporada, como la resina Ever X. Esta resina está compuesta por fibras de vidrio E cortadas y un relleno de vidrio de bario, lo que permite la incorporación de fibras de 1-2 mm de longitud en la resina. Estas fibras cortas ayudan a detener el avance de grietas, desempeñando una función similar a la dentina.(8)

Por otro lado, los materiales "Bulk-fill", que permiten la aplicación y fotopolimerización de una capa de 4 a 5 mm de espesor, se han introducido para reducir el tiempo de tratamiento y mejorar la eficiencia en cavidades profundas. Estos materiales tienen modificaciones en la matriz, iniciador químico y una menor cantidad de relleno inorgánico, lo que les permite una mayor fluidez o viscosidad. Sin embargo, la adhesión de estos materiales a la dentina en cavidades profundas puede ser problemática.(9,10).

La resistencia a la flexión es una propiedad mecánica importante en los biomateriales dentales. Aunque se han evaluado diversas características de la resistencia flexural, pocos estudios han analizado el uso combinado de sistemas Ribbond y composites de relleno masivo de baja viscosidad, como los composites reforzados con fibras cortas. La literatura indica que las características mecánicas de los sistemas Ribbond pueden depender de factores como la impregnación de las fibras con la matriz polimérica, donde la composición del agente humectante juega un papel crucial. Un estudio reveló que la integridad interfacial del composite Bulk-fill mejoraba al usar un incremento reforzado con fibra en la base de cavidades

profundas, lo que actuaba como un "disipador" de tensiones de contracción y protegía la interfase adherida en la dentina profunda (10–13)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la resistencia flexural de fibras de polietileno reforzadas con dos tipos de composite fluidos de alta carga, impregnadas y no impregnadas con adhesivo sin carga.

Materiales y métodos

Preparación de la muestra

En el presente estudio experimental *In-vitro*, se obtuvieron 60 barras de resina con diámetro 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho distribuidos en dos grupos según el composite y 10 por subgrupo.

Preparación fibra Ribbond-THM (Ribbond; Seattle, WA, USA) 9574

En esta investigación se utilizó refuerzo de fibra LWUHMWPE Sistemas Ribbond de 22 cm de largo x 2 mm de ancho y 0,18 mm de grosor (Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) fibra de polietileno de peso molecular ultraelevado (LWUHMWPE) tejidas con gasa, tratadas con plasma y orientación de fibras triaxiales, que proporciona muy buena adaptabilidad y estructura a través de los dos conjuntos de hilos que forman una matriz simétrica con los hilos orientados en un ángulo fijo desde el eje de la trenza. (13).

De acuerdo con el artículo Juloski et al.(13) 2013 se realizó la selección del número de muestras para cada grupo. Según la norma ISO 4049/2019,(14) se midieron y cortaron las fibras 20 mm de largo x 2 mm de ancho y 0,18 mm grosor, se prepararon 10 muestras en forma de barra para cada subgrupo; se utilizó un molde prefabricado en acero inoxidable, con base de cristal y capacidad de 2 muestras, para ensayos de flexión simple, con las siguientes dimensiones: 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho. Tiras de Mylar en dimensiones de 5.5cm X 1.5cm calibre 0,40mm fueron posicionadas en la base entre la lámina de cristal y el molde, se aislaron los moldes con Silicato de magnesio hidratado y se retiraron excesos con pincel. (13).

Preparación de muestras Grupo 1: (BFF) Bulk Fill Flowable Restorative: (BFF) y 2: EverX Flow (EF)

Para el grupo 1A (BFF) y 2A (EF) se colocó una capa de composite fluido 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho hasta llenar el molde, se posiciono una tira de Mylar en la capa superior realizando presión con portaobjetos para retirar excesos y se fotopolimerizó en 3 puntos con lampara Valo X (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (previamente calibrada) durante 10s Potencia Estándar 1350(mW).(13,15) Se desmoldan las muestras. Para garantizar una polimerización completa después de sacar las muestras del molde, se llevó a cabo una fotopolimerización adicional durante 30s adicionales (Figura 1).(13).

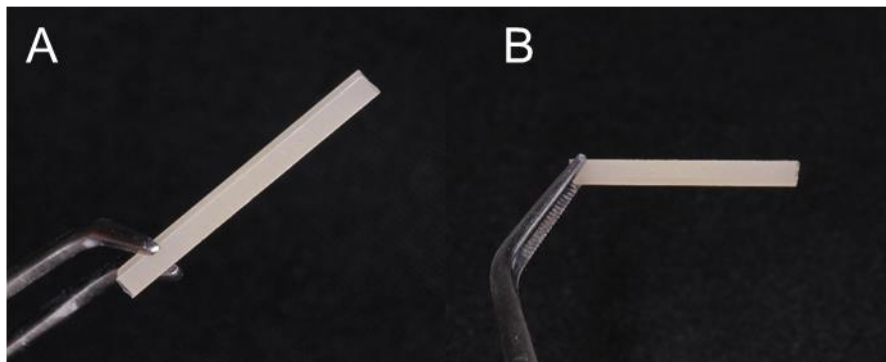


Figura 1. Barras de composite; A. Grupo 1A (BFF): Barra de resina 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE; B. Grupo 2A (EF): Barra de resina everX Flow (GC, Tokyo, Japan).

Se retiraron excesos y se almaceno en cámara de humedad HygroBath (60- 70% de humedad relativa y 37°C) con gasas húmedas impregnadas con agua destilada durante 24 horas. (15).

Preparación de muestras grupo 1B: Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM (BFFR) y 2B: EverX Flow + Ribbond THM, (EFR)

Se prepararon 10 muestras en forma de barra para cada subgrupo, conformado por 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) designado como Grupo 1B (BFFR) y Composite everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) designado como Grupo 2B (EFR).

Las muestras se obtuvieron utilizando moldes Fabricado en acero inoxidable, para ensayos de flexión simple, siguiendo las especificaciones de la norma ISO 4049/2019. Dimensiones: 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho, con base de cristal, con capacidad de 2 especímenes (Figura 2).(13)

Tiras de Mylar en dimensiones de 5.5cm X 1.5cm calibre 0,40mm fueron posicionadas en la base entre la lámina de cristal y el molde, se aíslan los moldes con Silicato de magnesio hidratado se retiraron excesos con pincel.

Se colocó una primera capa de composite fluido 25mm de largo x 1mm de alto x 2mm ancho, se posiciono la fibra previamente cortada en el centro de la lámina verificando su posición con sonda periodontal; recubriendo la fibra con una capa de composite fluido para llenar el molde, posteriormente se posicionó una tira de Mylar en la capa superior realizando presión con portaobjetos para retirar excesos y se fotopolimerizó en 3 puntos con lampara Valo X (Ultradent, South Jordan, UT, USA)

durante 10s Potencia Estándar 1350(mW). (13,15) Se desmoldaron las muestras, para garantizar una polimerización completa después de sacar las muestras del molde, se llevó a cabo una fotopolimerización adicional de 30s.

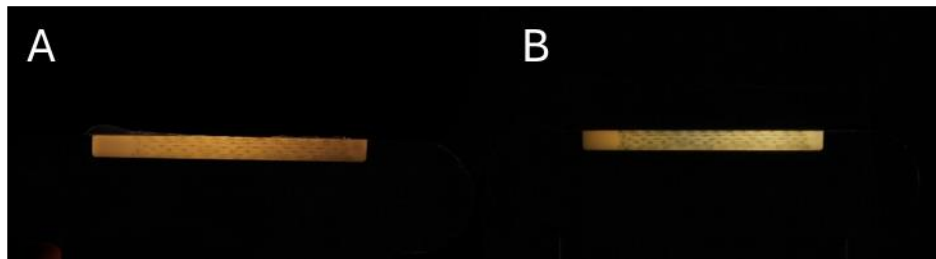


Figura 2. Barras de composite; A. Grupo 1B (BFFR): Barra de resina 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.); B. Grupo 2B (EFR): Barra de resina everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU).

Se retiraron excesos y se almaceno en cámara de humedad Hygro bath (60- 70% de humedad relativa y 37°C) con gasas húmedas con agua destilada durante 24 horas.(13).

Preparación de muestras grupo 1C: Bulk Fill Flowable Restorative + Ribbond THM+ Ribbond Wetting resin (BFFRW) y 2C: EverX Flow Ribbond THM+ Ribbond Wetting resin (EFRW)

Se prepararon 10 muestras en forma de barra para cada subgrupo, conformado por 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond Wetting resin, designado como Grupo 1C (BFFRW) y Composite everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond

Inc, Seattle, WA, EE. UU.)+ Ribbond Wetting resin designado como Grupo 2C (EFRW).

Las muestras se obtuvieron utilizando moldes fabricados en acero inoxidable, para ensayos de flexión simple, siguiendo las especificaciones de la norma ISO 4049/2019.(14) Dimensiones: 25mm de largo x 2mm de alto x 2mm ancho, con base de cristal, con capacidad de 2 especímenes (Figura 3).(13).

Tiras de Mylar en dimensiones de 5.5cm X 1.5cm calibre 0,40mm fueron posicionadas en la base entre la lámina de cristal y el molde, se aíslan los moldes con Silicato de magnesio hidratado se retiraron excesos con pincel.

Se colocó una primera capa de composite fluido 25mm de largo x 1mm de alto x 2mm ancho, se posiciono la fibra en el centro de la lámina verificando su posición con sonda periodontal, previamente cortada e impregnada con resina adhesiva sin carga (Ribbond Wetting Resin), el exceso de material se retiró con una gasa; recubriendo la fibra con una capa de composite fluido para llenar el molde, posteriormente se posicionó una tira de Mylar en la capa superior realizando presión con portaobjetos para retirar excesos y se fotopolimerizó en 3 puntos con lampara Valo X (Ultradent, South Jordan, UT, USA) durante 10s Potencia Estándar 1350(mW). (13,15) Se desmoldaron las muestras, para garantizar una polimerización completa después de sacar las muestras del molde, se llevó a cabo una fotopolimerización adicional durante 30s adicionales.

Se retiraron excesos y se almacenó en cámara de humedad HygroBath (60- 70% de humedad relativa y 37°C) con gasas húmedas con agua destilada durante 24 horas.(15).



Figura 3. Barras de comopiste; A. Grupo 1C (BFFRW): Barra de resina 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond Wetting resin ; B. Grupo 2C (EFRW): Barra de resina everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.)+ Ribbond Wetting resin.

Prueba de flexión

Se realizó una prueba de flexión de tres puntos utilizando un dispositivo diseñado de acuerdo con la norma ISO 4049/2019.(14) INSTRON 3345 (Instron Corporation, Norwood, MA, EE. UU).(13,15)

Los 10 especímenes /grupo (n = 60) de cada conjunto se probaron en flexión de tres puntos utilizando un tramo de 25 mm que proporciona una relación de tramo a profundidad (l/d) de 25, que es lo recomendado por la norma ISO 4049/2019.(14) La carga se introdujo a través de un indentador de cruceta redondeada colocado en una sola posición: paralelo al tramo de la muestra de prueba (P). El indentador del

cabezal referencia 2810-401 de 4 mm diámetro, Anvil set for use with 2810-400, 2810-205. (16)

Las pruebas se realizaron a una velocidad de desplazamiento de 1 mm/min. Se continuó cargando hasta que el espécimen mostró una ruptura o el espécimen alcanzó una pendiente negativa de carga versus desplazamiento con la caída de carga continuando lentamente más allá del pico hasta por debajo del 85% del pico de carga. Este nivel se eligió para superar el límite de deformación de 0,05 mm/mm de falla aparente (Figura 4) recomendado por la norma ISO 4049/2019.(17)

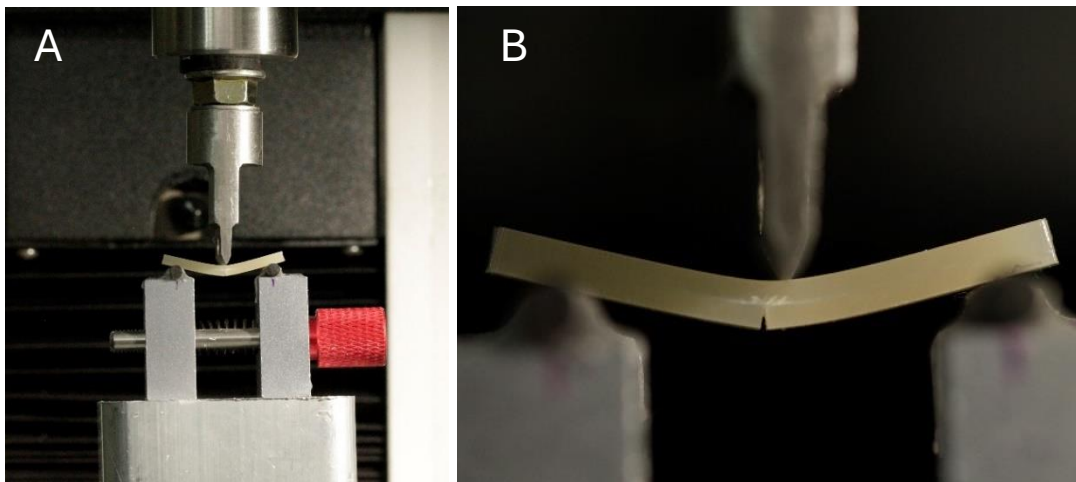


Figura 4. Prueba de flexión; A. Barra reforzada, máquina de ensayo universal INSTRON 3345 (Instron Corporation, Norwood, MA, EE. UU); B. Punto de flexión máxima.

Para permitir una evaluación de la ductilidad de los especímenes. Los especímenes fueron cuidadosamente examinados con el fin de busca de grietas y otros daños por medio de fotografía por estereomicroscopio Opticks (OPTIKA S.r.l., Ponteranica

(BG), Italy) con un aumento de 30X analizadas mediante software Motic 3.2 (Motic China Group Co., Ltd., Hong Kong, China) (Figura 5).(18)

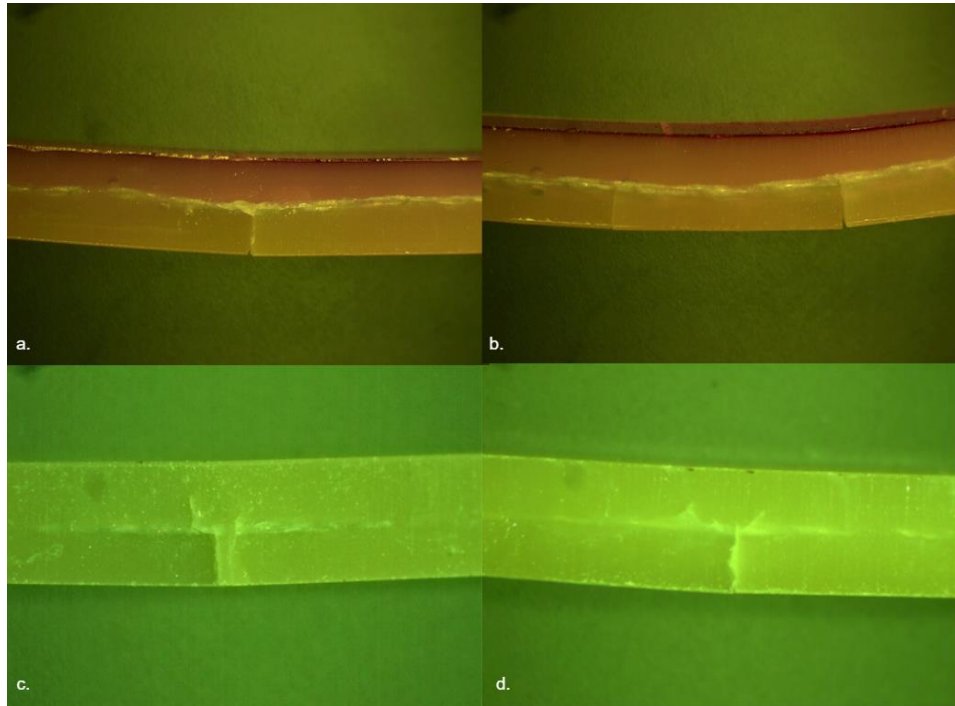


Figura 5. Flexión máxima de grupos reforzados con fibra, imagen; a. Grupo 1B (BFFR): barra de resina 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.), b. Grupo 2B (EFR): 10 Barras de resina everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.), c. Grupo 1C (BFFRW): 10 Barras de resina 3M™ FILTEK™ BULK FILL FLOWABLE RESTORATIVE+ Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.)+ Ribbond Wetting resin. d. Grupo 2C (EFRW): 10 Barras de resina everX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond Wetting resin.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis exploratorio de datos para describir la muestra y se seleccionó un total de 60 muestras, distribuidas en 2 grupos, los cuales cuentan con 3 subgrupos con 10 muestras cada uno. La normalidad de las variables asociadas a la resistencia flexural se determinó con la prueba de D'Agostino. Para evaluar la igualdad de las varianzas para una variable calculada de los grupos se utilizó la prueba Levene. Las comparaciones entre las medias de fuerza aplicada y la resistencia flexural entre los subgrupos del mismo grupo (intragrupo) se utilizó el ANOVA de medidas repetidas y para las comparaciones entre las medias de los subgrupos pertenecientes a los grupos (intergrupo) se utilizó el ANOVA.

Las diferencias se establecieron usando la prueba post hoc de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$

Resultados

Se examinaron un total de 60 barras, las cuales se dividieron en 30 muestras para cada grupo de investigación y 10 para cada subgrupo. Los resultados logrados se expresaron en Newton (N) y se convirtieron a megapascales (MPa), basándose en la fuerza aplicada a las barras para determinar la resistencia flexural media de los materiales.

Resistencia flexural grupo 1 (BFF) Bulk Fill Flowable Restorative:

- **Grupo 1A (BFF):** Barras de resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative: La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó $26,18 \pm 1,04$ N, valor mínimo de 20,61N y máximo de 30,57N. La resistencia flexural promedio fue de $93,28 \pm 3,70$ MPa con un valor mínimo de 73,42 MPa y máximo de 108,91 MPa (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 1A (BFF)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	20,61	73,42
2	26,18	93,27
3	30,57	108,91
4	29,9	106,52
5	26,2	93,34
6	23,85	84,97
7	22,62	80,58
8	25,67	91,45
9	26,21	93,37
10	30,03	106,98
Promedio	26,18	93,28
DS	1,04	3,70
Mediana	26,19	93,30
Mínimo	20,61	73,42
Máximo	30,57	108,91

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- **Grupo 1B (BFFR):** Barras de resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond (THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó $33,09 \pm 1,032N$, valor mínimo de 26,00N y máximo de 38,61N. La resistencia flexural promedio fue de $117,88 \pm 4,71$ MPa con un valor mínimo de 92,63 MPa y máximo de 137,55 MPa (Tabla 2)

Tabla 2. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 1B (BFFR)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	37,63	134,06
2	37,07	132,06
3	33,78	120,34
4	33,32	118,70
5	26,00	92,63
6	28,68	102,17
7	32,02	114,07
8	34,70	123,62
9	29,08	103,60
10	38,61	137,55
Promedio	33,09	117,88
DS	1,032	4,71
Mediana	33,55	119,52
Mínimo	26,00	92,63
Máximo	38,61	137,55

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- **Grupo 1C (BFFRW):** Barras de resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond THM, (Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond

Wetting resin, La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó 33,09±1,032N, valor mínimo de 31,73N y máximo de 44,12N. La resistencia flexural promedio fue de 117,88±4,71 MPa con un valor mínimo de 113,04 MPa y máximo de 157,18 MPa (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 1C (BFFRW)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	38,57	137,41
2	44,12	157,18
3	33,06	117,78
4	39,19	139,61
5	33,72	120,13
6	36,31	129,35
7	31,73	113,04
8	35,71	127,22
9	35,64	126,97
10	42,01	149,66
Promedio	37,01	131,83
DS	1,25	4,46
Mediana	36,01	128,29
Mínimo	31,73	113,04
Máximo	44,12	157,18

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- **Fuerza aplicada y resistencia Flexural grupo 1 (BFF) Bulk Fill Flowable Restorative:** Los resultados del ANOVA demostraron diferencias significativas entre los grupos de estudio, la fuerza aplicada (N) y resistencia flexural (MPa) ($p=0,000$) (Tabla 4- Figura 6). El grupo 1C (BFFRW) resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative + Ribbond (THM, Ribbond Inc,

Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond Wetting resin registró la fuerza aplicada más alta $37,01 \pm 1,25$ N y la mayor resistencia media flexural $131,83 \pm 4,46$ MPa, seguida del grupo 1B (BFFR) resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative+ Ribbond (THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU) fuerza aplicada $33,09 \pm 1,32$ N, resistencia flexural $117,88 \pm 4,71$. El grupo 1A (BFF): resina 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative presentó la menor fuerza aplicada y resistencia flexural $26,18 \pm 1,04$ N y $93,28 \pm 3,70$ Mpa respectivamente.

Tabla 4. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural grupo 1 (BFF) Bulk Fill Flowable Restorative

	Grupo 1A (BFF) (n=10)	Grupo 1B (BFFR) (n=10)	Grupo 1C (BFFRW) (n=10)	Valor p
Fuerza Aplicada (N)				
Promedio \pm DS	$26,18 \pm 1,04$	$33,09 \pm 1,32$	$37,01 \pm 1,25$	0,000*
Mediana (min-max)	26,19 (20,61 – 30,57)	33,55 (26,00 – 38,61)	36,01 (31,73 – 44,12)	
Resistencia Flexural (MPa)				
Promedio \pm DS	$93,28 \pm 3,70$	$117,88 \pm 4,71$	$131,83 \pm 4,46$	0,000*
Mediana (min-max)	93,30 (73,42 – 108,91)	119,52 (92,63 – 137,55)	128,29 (113,04 – 157,18)	

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales; * **p<0,05** significativo por prueba de ANOVA

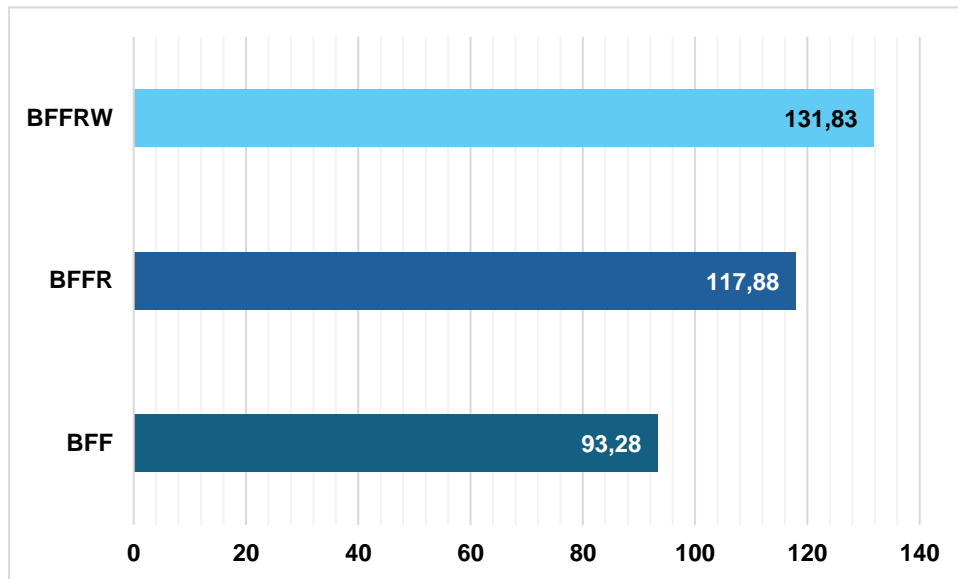


Grafico 1. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural grupo 1 (BFF) Bulk Fill Flowable Restorative

Resistencia flexural grupo 2 (EF) everX Flow

- Grupo 2A (EF):** Barras de resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó $31,90 \pm 0,85$ N, valor mínimo de 27,91N y máximo de 35,93 N. La resistencia flexural promedio fue de $113,63 \pm 3,02$ MPa con un valor mínimo de 99,43 MPa y máximo de 128,00 MPa (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 2A (EF)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	30,21	107,62
2	31,29	111,47
3	27,91	99,43
4	29,80	106,16
5	29,12	103,74
6	33,03	117,67
7	35,31	125,79
8	32,53	115,89
9	35,93	128,00
10	33,84	120,56
Promedio	31,90	113,63
DS	0,85	3,02
Mediana	31,91	113,68
Mínimo	27,91	99,43
Máximo	35,93	128,00

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- **Grupo 2B(EFR):** Barras de resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond (THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó $27,89 \pm 0,85$ N, valor mínimo de 24,56 N y máximo de 32,54 N. La resistencia flexural promedio fue de $99,34 \pm 3,03$ MPa con un valor mínimo de 87,50 MPa y máximo de 115,92 MPa (Tabla 6)

Tabla 6. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 2B (EFR)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	29,67	105,70
2	27,34	97,40
3	28,47	101,42
4	24,56	87,50
5	27,38	97,54
6	29,29	104,35
7	32,54	115,92
8	30,26	107,80
9	24,67	87,89
10	24,68	87,92
Promedio	27,89	99,34
DS	0,85	3,03
Mediana	27,93	99,48
Mínimo	24,56	87,50
Máximo	32,54	115,92

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- **Grupo 2C (EFRW):** Barras de resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM (Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) +. Ribbond Wetting resin. La media de la fuerza aplicada a las 10 muestras se situó $35,60 \pm 1,55$ N, valor mínimo de 24,97 N y máximo de 43,47 N. La resistencia flexural promedio fue de $126,83 \pm 5,53$ MPa con un valor mínimo de 88,96 MPa y máximo de 154,86 MPa (Tabla 7)

Tabla 7. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural Grupo 2C (EFRW)

Muestra	Fuerza aplicada (N)	Resistencia flexural (MPa)
1	24,97	88,96
2	37,41	133,27
3	43,47	154,86
4	33,43	119,09
5	38,13	135,84
6	33,37	118,88
7	36,97	131,71
8	33,36	118,85
9	39,52	140,79
10	35,37	126,006
Promedio	35,60	126,83
DS	1,55	5,53
Mediana	36,17	128,86
Mínimo	24,97	88,96
Máximo	43,47	154,86

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales

- Fuerza aplicada y resistencia Flexural grupo 2 (EF) EverX Flow (GC, Tokyo, Japan)** Los resultados del ANOVA demostraron diferencias significativas entre los grupos de estudio, la fuerza aplicada (N) y resistencia flexural (MPa) ($p=0,000$) (Tabla 8- Figura 7). El grupo 2C (EFRW) de resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond (THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) +. Ribbond Wetting resin registró la fuerza aplicada más alta $35,60 \pm 1,55$ N y la mayor resistencia media flexural $126,83 \pm 5,53$, seguida del grupo 2A (EF): Barras de resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) fuerza aplicada $31,90 \pm 0,85$ y $113,63 \pm 3,02$ MPa resistencia flexural. El grupo 2B resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond (THM, Ribbond Inc, Seattle,

WA, EE. UU.) exhibió la menor fuerza aplicada y resistencia flexural $27,89 \pm 0,85$ N y $99,34 \pm 3,03$ MPa respectivamente.

Tabla 8. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural grupo 2 (EF) EverX Flow (GC, Tokyo, Japan)

	Grupo 2A (EF) (n=10)	Grupo 2B (EFR) (n=10)	Grupo 2C (EFRW) (n=10)	Valor <i>p</i>
Fuerza Aplicada (N)				
Promedio \pm DS	$31,90 \pm 0,85$	$27,89 \pm 0,85$	$35,60 \pm 1,55$	0,000*
Mediana (min-max)	31,91 (27,91 – 35,93)	27,93 (24,56 – 32,54)	36,17 (24,97 – 43,47)	
Resistencia Flexural (MPa)				
Promedio \pm DS	$113,63 \pm 3,02$	$99,34 \pm 3,03$	$126,83 \pm 5,53$	0,000*
Mediana (min-max)	113,68(99,43 – 128,00)	99,48 (87,50 – 115,92)	128,86 (88,96 – 154,86)	

N: newtons; **DS:** Desviación estándar, **MPa:** Megapascales; * $p < 0,05$ significativo por prueba de ANOVA

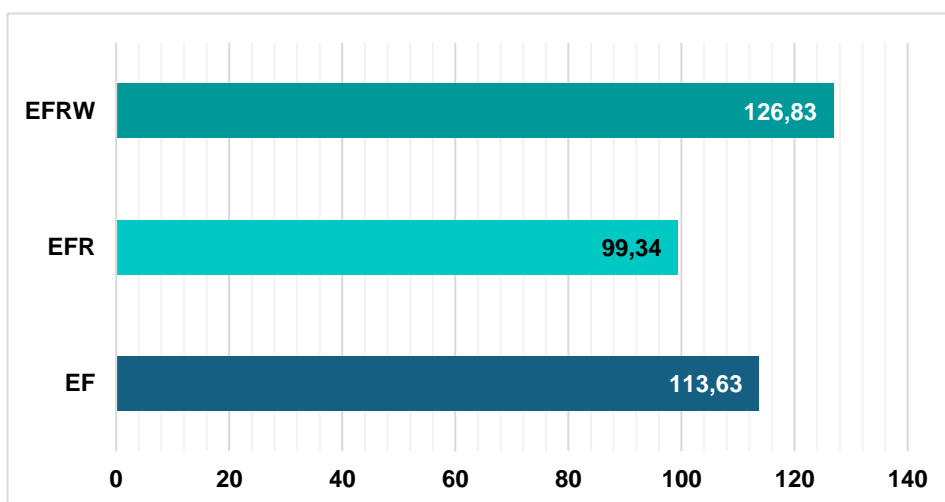


Grafico 2. Valores de Fuerza aplicada y Resistencia Flexural grupo 2 (EF) EverX Flow (GC, Tokyo, Japan)

Comparaciones de la fuerza aplicada, resistencia flexural y los subgrupos pertenecientes al grupo 1 Bulk Fill Flowable Restorative.

En la prueba de Tukey se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos: Grupo 1A (BFF) - Grupo 1B (BFFR) ($p=0.002$) y Grupo 1A (BFF) - Grupo 1C (BFFRW) ($p=0.000$). No se presentaron diferencias significativas entre Grupo 1B (BFFR)- Grupo 1C(BFFRW) (Tabla 9 -Figura 8)

Tabla 9. Comparaciones de la fuerza aplicada, resistencia flexural y los subgrupos del grupo 1 Bulk Fill Flowable Restorative.

	Fuerza Aplicada (N)		Resistencia Flexural (Mpa)		Valor p
	Promedio	min-max	Promedio	min-max	
Grupo 1A - Grupo 1B (BFF – BFFR)	6,91	(2,01 – 11,80)	24,60	(7,16 – 42,04)	0,002*
Grupo 1A - Grupo 1C (BFF – BFFRW)	10,82	(5,93 – 15,72)	38,55	(21,11 – 56,00)	0,000*
Grupo 1B - Grupo 1C (BFFR – BFFRW)	3,92	(-0,98 – 8,81)	13,95	(-3,49 – 31,40)	0,188

* $p < 0,05$ significativo por prueba de Tukey

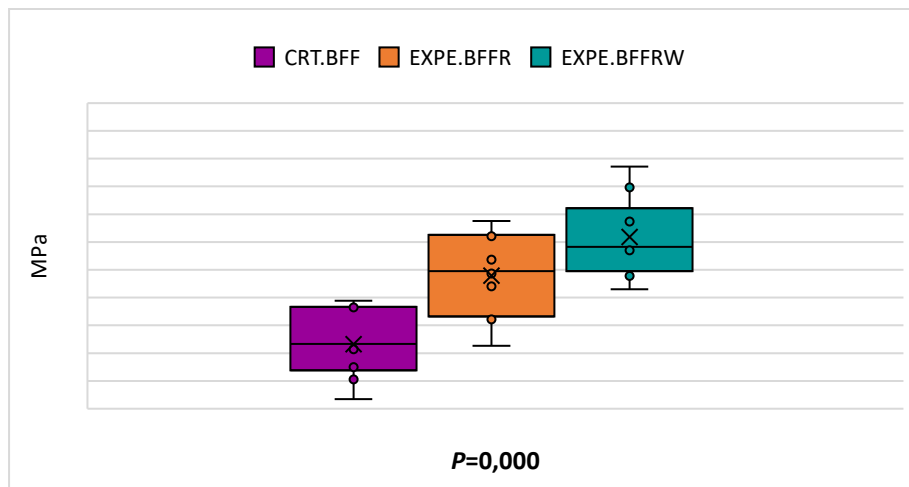


Grafico 3. Comparaciones fuerza aplicada subgrupos del grupo 1 Bulk Fill Flowable Restorative; **BFF:** 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable restorative ; **BFFR:** 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable restorative + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) ; **BFFRW:** 3M™ Filtek™ Bulk Fill Flowable restorative + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.)+ Ribbond Wetting resin

Comparaciones de la fuerza aplicada, resistencia flexural y los subgrupos pertenecientes al grupo 2 EverX Flow (GC, Tokyo, Japan)

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos: Grupo 2B (EFR)-Grupo 2C (EFRW)($p=0,000^*$). No se observaron diferencias significativas entre el grupo control 2A (EF) y los grupos 2B(EFR) y 2C(EFRW) (Tabla 10-Figura9)

Tabla 10. Comparaciones de la fuerza aplicada, resistencia flexural y los subgrupos del grupo 2 EverX Flow (GC, Tokyo, Japan)

	Fuerza Aplicada (N)		Resistencia Flexural (Mpa)		Valor p
	Promedio	min-max	Promedio	min-max	
Grupo 2A - Grupo 2B (EF – EFR)	4,01	(-0,89 – 8,91)	14,29	(-3,15 – 31,73)	0,168
Grupo 2A - Grupo 2C (EF – EFRW)	3,70	(-1,19 – 8,60)	13,19	(-4,25 – 30,64)	0,239
Grupo 2B - Grupo 2C (EFR – EFRW)	7,71	(2,82 – 12,61)	27,48	(10,04 – 44,92)	0,000*

* $p < 0,05$ significativo por prueba de Tukey

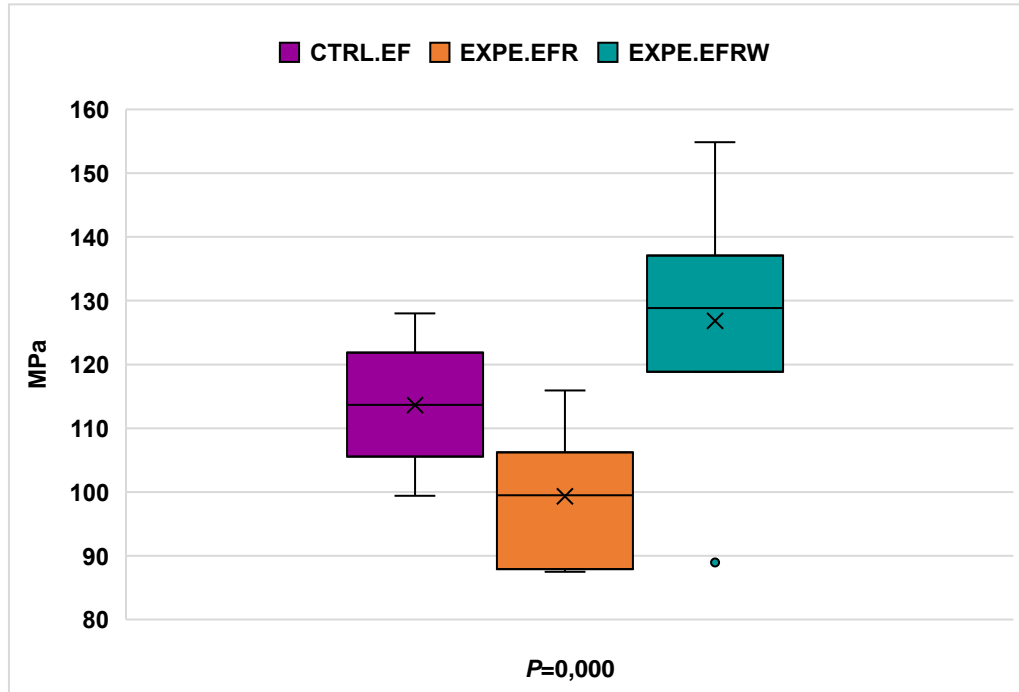


Grafico 4. Comparaciones fuerza aplicada subgrupos del grupo 2 EverX Flow; **EF:** Resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan); **EFR:** Resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.); **EFRW:** Resina EverX Flow (GC, Tokyo, Japan) + Ribbond THM, Ribbond Inc, Seattle, WA, EE. UU.) + Ribbond Wetting resin

Comparaciones la resistencia flexural de la fuerza aplicada, resistencia flexural subgrupos del grupo 1 y grupo 2

En las comparaciones entre los subgrupos de los grupos 1 y 2 se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos: Grupo 1A (BFF) - Grupo 2A (EF) ($p=0,013^*$), Grupo 1A(BFF) - Grupo 2C (EFRW) ($p=0,000^*$), Grupo 1B - Grupo 2B ($p=0,031^*$), Grupo 1C((BFFRW) - Grupo 2A (EF) ($p=0,036^*$) y Grupo 1C (BFFRW) - Grupo 2B (EFR). La mayor fuerza aplicada y resistencia flexural se observó en la comparación entre los grupos 1A (BFF)- Grupo 2C (EFRW) 9,42 N y 33,54 MPa respectivamente (Tabla 11 -Figura 10)

Tabla 11. Comparaciones de la fuerza aplicada y resistencia flexural subgrupos del grupo 1 y grupo 2.

	Fuerza Aplicada (N)		Resistencia Flexural (MPa)		Valor <i>p</i>
	Promedio	min-max	Promedio	min-max	
Grupo 1A - Grupo 2A (BFF – EF)	5,71	(0,82 – 10,61)	20,35	(2,91 – 37,80)	0,013*
Grupo 1A - Grupo 2B (BFF – EFR)	1,70	(-3,19 – 6,60)	6,06	(-11,38 – 23,51)	0,907
Grupo 1A - Grupo 2C (BFF – EFRW)	9,42	(4,52 – 14,31)	33,54	(16,10 – 50,99)	0,000*
Grupo 1B - Grupo 2A (BFFR – EF)	1,19	(-3,70 – 6,09)	4,25	(-13,20 – 21,69)	0,979
Grupo 1B - Grupo 2B (BFFR – EFR)	5,20	(0,31 – 10,10)	18,54	(1,09 – 35,98)	0,031*
Grupo 1B - Grupo 2C (BFFR – EFRW)	2,51	(-2,39 – 7,41)	8,95	(-8,50 – 26,39)	0,656
Grupo 1C - Grupo 2A (BFFRW – EF)	5,11	(0,21 – 10,01)	18,20	(0,76 – 35,64)	0,036*
Grupo 1C - Grupo 2B (BFFRW – EFR)	9,12	(4,22 – 14,02)	32,49	(15,05 – 49,93)	0,000*
Grupo 1C - Grupo 2C (BFFRW – EFRW)	1,41	(-3,49 – 6,30)	5,01	(-12,43 – 22,45)	0,957

N: newtons; **MPa:** Megapascales; * $p < 0,05$ significativo prueba de ANOVA

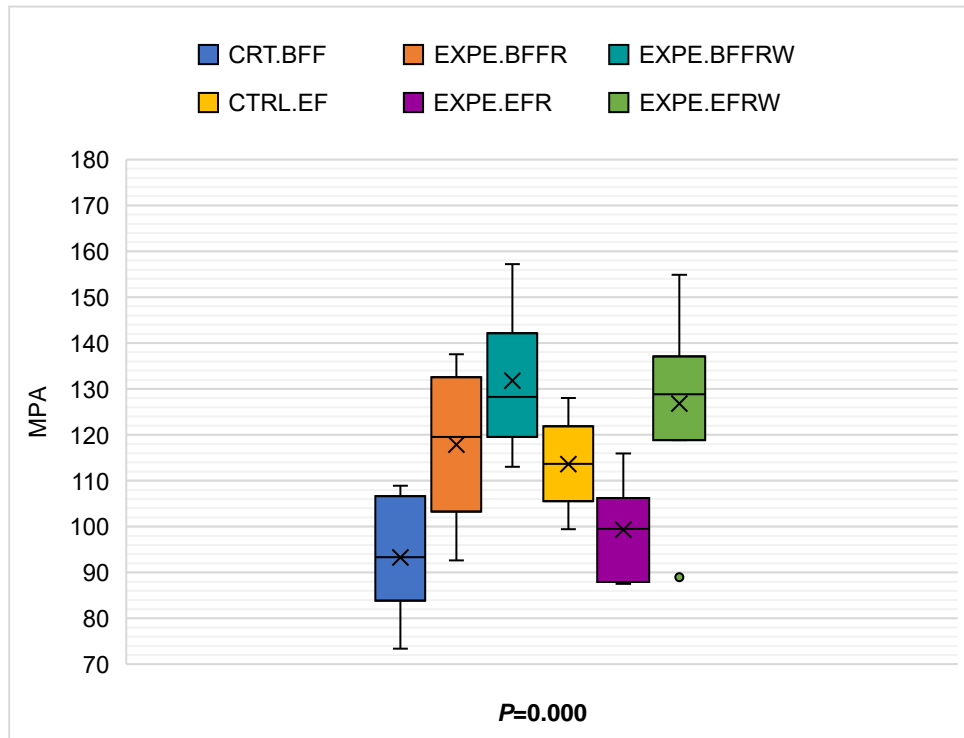


Grafico 5. Comparaciones fuerza aplicada a los subgrupos del grupo 1 y grupo 2.

Discusión

El presente estudio evaluó la resistencia a la flexión de fibras de polietileno reforzadas con dos clases de composite fluidos de alta carga, impregnadas y no impregnadas con adhesivo sin carga. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre los composites fluidos y los composites fluidos reforzados con fibra de vidrio impregnadas con adhesivo sin carga.

Los composites fluidos reforzados e impregnados con adhesivo en ambos grupos de estudio representaron la mayor resistencia a la flexión, sugiriendo que el agente humectante influye en la resistencia flexural. Ellakwa et al.(19) reportaron que el agente humectante evidenció un impacto positivo considerable en las características de flexión del composite reforzado con fibra. Además, señalaron que al emplear el agente adhesivo sin relleno que contenía silano, la fibra de vidrio aumentó la resistencia media a la flexión del composite indirecto no reforzado en 364%, señalado que la composición química del agente humectante influye de manera notable en las propiedades mecánicas de las fibras.

El presente estudio observó que la mayor resistencia flexural se presentó a nivel del grupo BFFRW, composites de relleno en bloque de baja viscosidad reforzadas con fibra e impregnadas con el agente humectante, resultados que son consistentes con lo previamente evidenciado por Gupta et al.(20) quienes hallaron los valores más altos de la resistencia a la fractura media para el grupo de resinas compuestas

fluidas de relleno en bloque combinado con fibra de polietileno. Asimismo, argumentan que el resultado podría estar relacionado con una menor tensión debido al módulo elástico bajo y la menor humectabilidad del compuesto fluido de relleno en granel. En contraparte Seidy et al.(21) concluyeron la adición de fibras no tiene un impacto notable en el incremento de la resistencia a la fractura en dientes restaurados con resinas de relleno en bloque de alta viscosidad, baja viscosidad y resina convencional, sin embargo, los grupos evaluados con adición de fibra Ribbond mostraron los valores más altos en la resistencia a la fractura en comparación con la ausencia de esta.

En las comparaciones intragrupo, el grupo BFF mostraron diferencias significativas, siendo el subgrupo control el de menor resistencia flexural resultados que podrían estar relacionados con la ausencia de la fibra Ribbond y agente humectante. Ribbond posee una arquitectura de tejido intrínseca, con fibras dirigidas en diversas direcciones que conforman una estructura entrelazada que facilita la dispersión de las fuerzas en un espacio más extenso, reduciendo así las altitudes de tensión retardando la propagación de grietas mejorando la resistencia a la flexión y a la fractura de la restauración. (22–24) La casa comercial del grupo 1 registra valores de resistencia flexural de 126.5 ± 3 MPa, siendo menores los valores registrados en el presente estudio ($93,28 \pm 3,70$ MPa).(25)

Se registró una diferencia significativa en el Grupo EF entre los subgrupos EFR y EFRW, donde estos últimos mostraron la mayor resistencia en dicho grupo. Esto

corroborar la premisa de que el agente humectante ayuda a incrementar la resistencia flexural. No obstante, no se presentaron diferencias entre el grupo control y los grupos EFR y EFRW. La resina Ever X incorpora fibras cortas de vidrio E multidireccionales y discontinuas dentro de la matriz de resina, mejorando los efectos de la contracción de polimerización, microfiltración marginal, evitando la propagación de grietas además de la distribución de la carga. (1) Una revisión sistemática (26) informó efectos diversos frente a la resistencia a la fractura de composites reforzados con fibras cortas (FRC) en ausencia o combinación con fibras de polietileno, concluyendo que general que las FRC tienden a fortalecer la restauración de dientes estructuralmente comprometidos y mejoran su resistencia a la fractura en comparación con las restauraciones compuestas sin refuerzo de fibra. Sin embargo, en casi todos los estudios revisados, las FRC de vidrio cortas o continuas mostraron el mismo desempeño o exhibieron mejores resultados que las FRC de polietileno (tejidas) con respecto a la resistencia a la fractura, asociado posiblemente a longitud y distribución de las fibras de vidrio cortas. En el caso del composite Ever X, subrayaron que, al ser un reemplazo de dentina, las fibras orientadas aleatoriamente mostraron un efecto de refuerzo isotrópico en diversas direcciones, en vez de únicamente en ciertas direcciones determinadas. La literatura indica valores de resistencia flexural para la Ever X Flow que oscilan entre 147 MPa y 171 MPa, siendo este último el correspondiente a la casa comercial, valores superiores a los hallados en este estudio ($113,63 \pm 3,02$ MPa).(27,28)

En las comparaciones intergrupales se observaron diferencias significativas múltiples entre los subgrupos pertenecientes ambos grupos de estudio, entre ellos los grupos control donde el grupo EF exhibió la mayor resistencia flexural frente a BFF, resultados concordantes con Lassila et al.(29) quienes evidenciaron que los composites EverX Flow™ (GC Corp, Tokyo, Japan) tenía una resistencia a la flexión (146,5 MPa) estadísticamente significativamente mayor ($p < 0,05$) a los de más composites de resina fluida de relleno bloque evaluados incluidos la Filtek Bulk Fill Flowable™ (3M/ESPE, St. Paul, MN, USA) resistencia a la flexión (122 ± 3.3 MPa) hallazgo asociado posiblemente al mecanismos de endurecimiento proporcionados por las microfibras que desvía la propagación de las grietas. Por otra parte Attik et al.(30) evidenciaron una mayor resistencia a la flexión 141,8 MPa en composites de relleno bloque de alta viscosidad (Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative, 3 M) en comparación con FRC (EverX Flow™ ;GC Corporation) 130,9 MPa, sin diferencias significativas; no obstante evidenciaron que las FRC presentan valores significativamente más altos ($p = 0,001$) en la resistencia a la tenacidad en contraste con los composites de relleno masivo de alta viscosidad, concluyendo que, a pesar de que EverX Flow™ posee un módulo inferior en comparación con Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative, muestra una resistencia a la flexión parecida y una mayor tenacidad, lo que indica una menor tendencia a desarrollar grietas durante la carga, lo que explica el posible resultado encontrado.

De igual manera, se detectaron diferencias notables entre BFF y EFRW, donde la última demostró el valor medio significativamente más alto de resistencia flexural,

BFFR y EFR, donde la BFFR demostró la mayor resistencia media flexural significativa y BFFRW en comparación con EF y EFR, donde la BFFRW manifestó la mayor resistencia flexural significativa. Lo anterior denota lo previamente mencionado, señalado que el agente huméctate desempeña un papel fundamental en la resistencia flexural asociado posiblemente a que este mejorar su enlace químico con los materiales restauradores aplicados.(26)

Este estudio se presenta como estudio observacional in vitro pionero en la comparación de la resistencia flexural de fibras de polietileno reforzadas con dos tipos de composite fluidos de alta carga, impregnadas y no impregnadas con adhesivo sin carga, permitiendo obtener un conocimiento inicial frente al comportamiento flexural previo a su uso clínico frente a los diferentes materiales existentes en la actualidad. Un aspecto fundamental del presente estudio radica en la estandarización de las muestras, la realización y aplicación de las pruebas en un mismo lugar garantizando la comparabilidad de los resultados.

El presente estudio reconoce algunas limitaciones a considerar para su interpretación. La investigación se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio y en especímenes fabricados tipo barra, que podrían no replicar totalmente el ambiente bucal dinámico. Elementos como las variaciones de temperatura, humedad y cargas mecánicas fluctuantes podrían afectar el desempeño de los materiales. Asimismo, este análisis se enfocó exclusivamente en la resistencia a la flexión sin considerar otras características relevantes como la

biocompatibilidad, resistencia al desgaste y estabilidad del color, que también son esenciales para el éxito clínico. De igual forma, existe una escasa literatura científica frente a la resistencia flexural de los materiales evaluados. La presente investigación es precursora en comparar la resistencia flexural de resinas de relleno masivo en bloque frente a fibras de polietileno, lo que dificulta el contraste de resultados y hallazgos con la literatura existente. Por lo que sugiere para futuras investigaciones la realización de estudios in vitro en dientes naturales con pérdidas sustanciales de esmalte dental acompañado de pruebas de termociclado y cargas dinámicas que permitan evaluar su estabilidad a largo plazo.

Conclusiones

1. El uso de adhesivo sin carga durante el protocolo de aplicación de fibras de polietileno mejora sustancialmente las propiedades mecánicas del material, lo cual podría traducirse en un desempeño clínico superior de las restauraciones en las que se emplea.
2. En las resinas fluidas tipo bulk, no se evidenció una diferencia significativa en la resistencia flexural al comparar los casos donde la fibra de polietileno fue impregnada con adhesivo sin carga frente a aquellos en los que no se realizó esta impregnación. Esto sugiere que, la impregnación con adhesivo tiene un impacto limitado en las propiedades mecánicas de la fibra, indicando que otros factores podrían ser determinantes en su desempeño.
3. Las resinas fluidas que contienen un mayor porcentaje de relleno de fibra en su composición muestran una resistencia a la flexión superior. Este hallazgo destaca la importancia de la proporción de relleno de fibra en la matriz inorgánica, mejorando considerablemente las propiedades mecánicas de las resinas y sugiriendo su potencial para optimizar el rendimiento de los materiales restaurativos.

Referencias bibliográficas

1. Escobar LB, Pereira da Silva L, Manarte-Monteiro P. Fracture Resistance of Fiber-Reinforced Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers* 2023, Vol 15, Page 3802. 2023 Sep 18;15(18):3802.
2. Tsertsidou V, Mourouzis P, Dionysopoulos D, Pandoleon P, Tolidis K. Fracture Resistance of Class II MOD Cavities Restored by Direct and Indirect Techniques and Different Materials Combination. *Polymers* 2023, Vol 15, Page 3413. 2023 Aug 15;15(16):3413.
3. Vetromilla BM, Opdam NJ, Leida FL, Sarkis-Onofre R, Demarco FF, van der Loo MPJ, et al. Treatment options for large posterior restorations: a systematic review and network meta-analysis. *J Am Dent Assoc.* 2020 Aug 1;151(8):614-624.e18.
4. Pizzolotto L, Moraes RR. Resin Composites in Posterior Teeth: Clinical Performance and Direct Restorative Techniques. *Dentistry Journal* 2022, Vol 10, Page 222. 2022 Nov 27;10(12):222.
5. Göktürk H, Karaarslan EŞ, Tekin E, Hologlu B, Sarikaya I. The effect of the different restorations on fracture resistance of root-filled premolars. *BMC Oral Health.* 2018 Nov 29;18(1):1–8.
6. Deliperi S, Alleman D, Rudo D. Stress-reduced Direct Composites for the Restoration of Structurally Compromised Teeth: Fiber Design According to the “Wallpapering” Technique. *Oper Dent.* 2017 May 1;42(3):233–43.

7. Agrawal V, Shah A, Kapoor S. Effect of fiber orientation and placement on fracture resistance of large class II mesio-occluso-distal cavities in maxillary premolars: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2022 Mar 1;25(2):122–7.
8. Hada YS, Panwar S. Comparison of the fracture resistance of three different recent composite systems in large Class II mesio-occlusal distal cavities: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2019 May 1;22(3):287.
9. Shafiei F, Dehghanian P, Ghaderi N, Doozandeh M. Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with bulk-fill composite resins: The effect of fiber reinforcement. *Dent Res J (Isfahan)*. 2021;18:60.
10. Sadr A, Bakhtiari B, Hayashi J, Luong MN, Chen YW, Chyz G, et al. Effects of fiber reinforcement on adaptation and bond strength of a bulk-fill composite in deep preparations. *Dent Mater*. 2020 Apr 1;36(4):527–34.
11. Boussès Y, Brulat-Bouchard N, Bouchard PO, Abouelleil H, Tillier Y. Theoretical prediction of dental composites yield stress and flexural modulus based on filler volume ratio. *Dent Mater*. 2020 Jan 1;36(1):97–107.
12. Pradeep C D, Chandrasekharan N, Aswathy S K, Lekshmy A. Flexural Strength is a Critical Property of Dental Materials-An Overview. *Acta Scientific Dental Sciences*. 2023;7(7):99–103.
13. Juloski J, Beloica M, Goracci C, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, et al. Shear bond strength to enamel and flexural strength of different fiber-reinforced composites. *J Adhes Dent*. 2013 Apr;15(2):123–30.
14. ISO 4049:2019 - Dentistry — Polymer-based restorative materials [Internet]. [cited 2024 Oct 23]. Available from: <https://www.iso.org/standard/67596.html>

15. Ellakwa A, Shortall A, Marquis P. Influence of fibre position on the flexural properties and strain energy of a fibre-reinforced composite. *J Oral Rehabil.* 2003 Jul 1;30(7):679–82.
16. Instron. 5 kN FLEXURE FIXTURE Catalog Number 2810-40X Series [Internet]. 2023 [cited 2024 Oct 23]. Available from: www.instron.com
17. Karbhari VM, Strassler H. Effect of fiber architecture on flexural characteristics and fracture of fiber-reinforced dental composites. *Dent Mater.* 2007 Aug;23(8):960–8.
18. Magne P, Carvalho MA, Milani T. Shrinkage-induced cuspal deformation and strength of three different short fiber-reinforced composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 2023 Jan 1;35(1):56–63.
19. Ellakwa AE, Shortall AC, Marquis PM. Influence of fiber type and wetting agent on the flexural properties of an indirect fiber reinforced composite. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2002;88(5):485–90.
20. Gupta R, Tomer A, Pyasi S. An In Vitro Analysis of Fracture Strength of Various Bulk Fill Flow able Composite Resins. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS)* e-ISSN. 17:40–4.
21. Seidy A, Mirzakuchaki P, Pischevar L. Comparison of Fracture Strength in Endodontically Treated Teeth Restored with Bulk fill, Bulk Fill Flowable and Conventional Composite with or without Using Ribbond. *Contemporary Orofacial Sciences.* 2023;1(2):13–9.

22. Hshad ME, Dalkiliç EE, Ozturk GC, Dogruer I, Koray F. Influence of Different Restoration Techniques on Fracture Resistance of Root-filled Teeth: In Vitro Investigation. *Oper Dent*. 2018 Mar 1;43(2):162–9.
23. Zotti F, Hu J, Zangani A, Albanese M, Paganelli C. Fracture strength and ribbond fibers: In vitro analysis of mod restorations. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(4):e318.
24. Selvaraj H, Krithikadatta J, Aber Al Onazi M, Ali Algarni H, Munaga S, Othman Hamza M, et al. Fracture Resistance of Dental Restorative Fiber-reinforced Composites- A Systematic Review. 2023 Apr 18;
25. 3M ESPE. Filtek™ Bulk Fill Resina Fluida [Internet]. [cited 2024 Nov 5]. Available from: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1007459O/archived-fase-out-with-fltek-bulf-fill-flowable-claudia-garate-4-27-2021.pdf>
26. Mangoush E, Garoushi S, Lassila L, Vallittu PK, Säilynoja E. Effect of Fiber Reinforcement Type on the Performance of Large Posterior Restorations: A Review of In Vitro Studies. *Polymers (Basel)*. 2021 Nov 1;13(21).
27. Lassila L, Säilynoja E, Prinssi R, Vallittu P, Garoushi S. Characterization of a new fiber-reinforced flowable composite. *Odontology*. 2019 Jul 8;107(3):342–52.
28. GC Corporation. 2020. 2020 [cited 2024 Nov 5]. Strong to the core EverX Flow™. Available from: https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/everxflow/manual/MAN_Comprehensive_Guide.pdf

29. Lassila L, Säilynoja E, Prinssi R, Vallittu P, Garoushi S. Characterization of a new fiber-reinforced flowable composite. *Odontology*. 2019 Jul 12;107(3):342–52.
30. Attik N, Colon P, Gauthier R, Chevalier C, Grosogeat B, Abouelleil H. Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. *Dental Materials*. 2022 Feb 1;38(2):e19–30.