



Facultad Ciencias de la Salud

Especialidad en Endodoncia

**Tema:**

**Influencia de la aplicación de sellado dentinario inmediato previo tratamiento endodóntico en la resistencia de unión**

**Tesis para la obtención del Título de  
“Especialista en Endodoncia”**

**Presentada por:**

Vinicio Josue Zurita Freire

**Tutor:**

Dr. Cristian Sánchez

**Quito, agosto de 2025**

## Resumen

Este estudio evaluó el impacto del sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS) en la resistencia de unión ( $\mu$ TBS), para ello se utilizaron adhesivos etch & rinse, self etch y universal en combinación con diversas estrategias adhesivas. Para ello, se prepararon 128 hemidientes restaurados con resina bulk fill, Filtek One (3M ESPE, St. Paul, Estados Unidos) y se dividieron en 16 grupos. Estos grupos resultaron de la combinación de los factores principales: control (C), hibridación dentinaria tardía (LDh), Hibridación tardía de dentina preparada (PLDh) y sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS) con los diferentes sistemas adhesivos OBF: Optibond FL (Kerr Corporation, Orange, CA, Estados Unidos) ER (Etched & Rinse), CLF: Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake, Tokio, Japón) SE (Self Etch), UER: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) Universal en modo ER, USE: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) universal en modo SE.

Los adhesivos y la resina se fotoactivaron con una lámpara VALO Grand (Ultradent, South Jordan, Estados Unidos) a  $1200 \text{ mW/cm}^2$ , y los especímenes se almacenaron a  $37^\circ \text{C}$  durante 24 horas. Las muestras se cortaron longitudinalmente con una máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EE. UU.) y se rotaron  $90^\circ$  para formar barras de resina-dentina, cada una con un área de sección transversal de aproximadamente  $0,8 \text{ mm}^2$ . La resistencia de unión se evaluó mediante una prueba de tracción (AG-I, Shimadzu Autograph, Tokio, Japon) a una velocidad de  $0,5 \text{ mm/min}$  hasta el fallo. La normalidad y homocedasticidad de los datos se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente, los datos se analizaron con ANOVA y pruebas post-hoc de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ).

Los resultados indicaron que el grupo LDh presento los valores  $\mu$ TBS más bajos, independientemente del intervalo. En contraste, no hubo diferencias entre C, IPDS y PLDh,

independientemente del adhesivo utilizado. El envejecimiento artificial tuvo un efecto negativo sobre la  $\mu$ TBS al usar una estrategia ER (OBF y UER) en comparación con una estrategia SE (CLE y USE), específicamente para el grupo LDh. En general, el patrón de fractura fue mayoritariamente adhesivo, especialmente en los grupos con termociclado (TMC).

**Palabras clave:** Adhesión dental; Sellado dentinario pre-endodóntico inmediato; Restauración postendodóncia; Endodoncia.

### **Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Nombre: Vinicio Josue Zurita Freire

Cédula: 1500774250

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi inspiración y mi mayor fortaleza en este camino. Su amor incondicional, paciencia y constante apoyo han sido el motor que me impulsó a seguir adelante en los momentos más desafiantes. Agradezco profundamente su comprensión y sacrificio durante este proceso.

A mi director de tesis, asesores y equipo de investigación, les expreso mi gratitud por su compromiso, sabias orientaciones y constante apoyo. Gracias a su acompañamiento y dedicación, fue posible culminar esta investigación con éxito y satisfacción.

A Mónica, que con su apoyo y cariño me supo motivar para seguir adelante.

Asimismo, dedico este esfuerzo a mi familia, amigos y seres queridos, quienes con sus palabras de aliento y confianza en mis capacidades me recordaron que no estaba solo en este desafío.

Finalmente, agradezco a la vida por las oportunidades y aprendizajes obtenidos en este camino, que hoy me permiten compartir este logro.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| <b>Índice</b> .....   | 6  |
| <b>Índice de Figuras</b> .....  | 7  |
| <b>Índice de Tablas</b> .....   | 8  |
| <b>Resumen</b> .....  | 9  |
| <b>Abstract</b> .....   | 11 |
| <b>Introducción</b> .....   | 13 |
| <b>Material y Métodos</b> .....   | 14 |
| <b>Cálculo del tamaño de la muestra</b> .....                                       | 14 |
| <b>Diseño Experimental</b> .....  | 15 |
| <b>Tabla 1. Distribución de la muestra.</b> .....                                   | 15 |
| <b>Factores principales</b> .....   | 16 |
| <b>Control</b> .....  | 16 |
| <b>Hibridación dentinaria tardía</b> .....  | 16 |
| <b>Hibridación tardía de dentina preparada</b> .....                                | 17 |
| <b>Sellado dentinario preendodóntico inmediato</b> .....                            | 17 |
| <b>Adhesivos</b> .....  | 18 |
| <b>Fase restauradora</b> .....  | 19 |
| <b>Ensayo de fuerza de adherencia por microtracción (<math>\mu</math>TBS)</b> ..... | 19 |
| <b>Análisis estadístico</b> .....   | 20 |
| <b>Resultados</b> .....   | 21 |
| <b>Discusión</b> .....  | 28 |
| <b>Conclusión</b> .....   | 32 |
| <b>Referencias</b> .....  | 34 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Esquema del proceso de preparación de la muestra .....   | 25 |
| <b>Figura 2.</b> Las barras representan la dispersión de los datos de la resistencia de unión a la microtracción (MPa) de los grupos principales según cada uno de los adhesivos en el grupo experimental de 24 Horas. .... | 25 |
| <b>Figura 3.</b> Las barras representan la dispersión de los datos de la resistencia de unión a la microtracción (MPa) de los grupos principales según cada uno de los adhesivos en el grupo experimental de 10000TMC ..... | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Descripción porcentual de los tipos de fractura en el grupo experimental de 24 Horas .....   | 26 |
| <b>Figura 5.</b> Descripción porcentual de los tipos de fractura en el grupo experimental de 10000TMC .....   | 27 |

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Distribución de la muestra.....  | 15 |
| <b>Tabla 2.</b> Sistemas adhesivos. Especificaciones de los adhesivos utilizados ..... | 18 |
| <b>Tabla 3.</b> Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar $\pm$ para OBF ..... | 22 |
| <b>Tabla 4.</b> Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar $\pm$ para CLE ..... | 22 |
| <b>Tabla 5.</b> Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar $\pm$ para UER ..... | 23 |
| <b>Tabla 6.</b> Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar $\pm$ para USE ..... | 24 |

## **Influencia de la aplicación de sellado dentinario inmediato previo tratamiento endodóntico en la resistencia de unión**

Vinicio Josue Zurita-Freire

Universidad De Los Hemisferios

vjzuritaf@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

### **Resumen**

Este estudio evaluó el impacto del sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (SDPI) en la resistencia de unión ( $\mu$ TBS), para ello se utilizaron adhesivos etch & rinse, self etch y universal en combinación con diversas estrategias adhesivas. Para ello, se prepararon 128 hemidientes restaurados con resina bulk fill, Filtek One (3M ESPE, St. Paul, Estados Unidos) y se dividieron en 16 grupos. Estos grupos resultaron de la combinación de los factores principales: control (C), hibridación dentinaria tardía (LDh), Hibridación tardía de dentina preparada (PLDh) y sellado dentinario preendodóntico inmediato (IPDS) con los diferentes sistemas adhesivos OBF: Optibond FL (Kerr Corporation, Orange, CA, Estados Unidos) ER (Etched & Rinse), CLF: Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake, Tokio, Japón) SE (Self Etch), UER: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) Universal en modo ER, USE: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) universal en modo SE.

Los adhesivos y la resina se fotoactivaron con una lámpara VALO Grand (Ultradent, South Jordan, Estados Unidos) a 1200 mW/cm<sup>2</sup>, y los especímenes se almacenaron a 37 °C durante 24 horas. Las muestras se cortaron longitudinalmente con una máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EE.UU.) y se rotaron 90° para formar barras de resina-dentina, cada una con un área de sección transversal de aproximadamente 0,8mm<sup>2</sup>. La resistencia de unión se evaluó mediante una prueba de tracción (AG-I, Shimadzu Autograph,

Tokio, Japón) a una velocidad de 0,5 mm/min hasta el fallo. La normalidad y homocedasticidad de los datos se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente, los datos se analizaron con ANOVA y pruebas post-hoc de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ).

Los resultados indicaron que el grupo LDh presento los valores  $\mu$ TBS más bajos, independientemente del intervalo. En contraste, no hubo diferencias entre C, IPDS y PLDh, independientemente del adhesivo utilizado. El envejecimiento artificial tuvo un efecto negativo sobre la  $\mu$ TBS al usar una estrategia ER (OBF y UER) en comparación con una estrategia SE (CLE y USE), específicamente para el grupo LDh. En general, el patrón de fractura fue mayoritariamente adhesivo, especialmente en los grupos con termociclado (TMC).

**Palabras clave:** Adhesión dental; Sellado dentinario preendodóntico inmediato; Restauración postendodóncia; Endodoncia.

## Abstract

This study evaluated the impact of immediate pre-endodontic dentin sealing on bond strength, using etch & rinse, self-etch, and universal adhesives in combination with various adhesive strategies. A total of 128 hemitooth restored with bulk fill resin, Filtek One (3M ESPE), were prepared and divided into 16 groups resulting from the combination of the main factors: control (C), late dentin hybridization (LDh), prepared late dentin hybridization (PLDh), and immediate pre-endodontic dentin sealing (IPDS) with different adhesive systems: OBF: Optibond FL (Kerr Corporation, Orange, CA, U.S.A.) ER (Etched & Rinse), CLF: Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake, Tokyo, Japan) SE (Self Etch), UER: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) Universal in ER mode, USE: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) Universal in SE mode.

The adhesives and the resin were photoactivated with a VALO Grand (Ultradent, South Jordan, U.S.A.) lamp at 1200 mW/cm<sup>2</sup>, and the specimens were stored at 37 °C for 24 hours. The samples were cut longitudinally with a cutting machine (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, U.S.A.) and rotated 90° to form resin-dentin bars, each with a cross-sectional area of approximately 0.8 mm<sup>2</sup>. Bond strength was evaluated using a tensile strength test (AG-I, Shimadzu Autograph, Tokyo, Japan) at a speed of 0.5 mm/min until failure occurred. The normality and homoscedasticity of the data were evaluated using the Shapiro-Wilk and Levene tests; the data were analyzed using ANOVA and Bonferroni post-hoc tests ( $\alpha=0.05$ ).

The results indicated that the LDh group presented the lowest  $\mu$ TBS values, regardless of the interval. In contrast, there were no differences between C, IPDS, and PLDh, regardless of the adhesive used. Artificial aging had a negative effect on  $\mu$ TBS when an ER strategy (OBF and UER) was used compared to a SE strategy (CLE and USE), specifically for the

LDh group. Overall, the results of the fracture pattern were predominantly adhesive, especially in the TMC groups.

**Keywords:** Dental adhesion; Immediate pre-endodontic dentin sealing; Post-endodontic restorations; Endodontics.

## Introducción

La adhesión en odontología busca una unión sólida y duradera entre materiales restauradores y la estructura dental natural, priorizando la conservación de la mayor cantidad de tejido sano (Pashley et al., 1995). Las técnicas adhesivas han evolucionado, desarrollando sistemas adhesivos más efectivos y optimizando los métodos de preparación y aplicación, lo que ha conducido a una mayor estabilidad y longevidad de las restauraciones (Soares et al., 2010) (Palma et al., 2025). Este campo está en constante desarrollo, con investigaciones continuas para mejorar la eficacia de las técnicas y materiales adhesivos (Perdigão et al., 2021).

En el campo de la endodoncia, los agentes irrigantes desempeñan un papel esencial en la limpieza y desinfección de los conductos radiculares, eliminando residuos de tejido pulpar y microorganismos (Soares et al., 2010). No obstante, algunos irrigantes, como el hipoclorito de sodio y el EDTA, pueden afectar negativamente la integridad de la estructura dentaria adyacente (Abuhaimed & Abou Neel, 2017). El uso prolongado, las concentraciones inadecuadas o la interacción entre estos agentes podrían causar erosión de la dentina, disminuyendo su capacidad adhesiva después del tratamiento endodóntico (Baruwa et al., 2022). Por lo tanto, es crucial seleccionar adecuadamente los agentes irrigantes y regular su aplicación, buscando un equilibrio entre la desinfección efectiva y la protección del tejido dental circundante (Maroulakos et al., 2018).

El sellado dentinario inmediato (SDI) es un paso de la técnica restauradora que consiste en la aplicación de un agente adhesivo sobre la dentina recién expuesta, su propósito es proteger la matriz colágena de la dentina tras la eliminación de caries o la preparación del diente, previniendo así la entrada de bacterias y otros fluidos en los túbulos dentinarios. Este paso busca evitar la contaminación y mejorar la capacidad adhesiva del tejido (Abu-Nawareg et al., 2015). Comúnmente, se utilizan adhesivos y resinas fluidas con propiedades mecánicas

que mejoren la resistencia de unión diente - restauración (Reis et al., 2008). El SDI es particularmente útil para evitar que la estructura dentinaria sufra alteraciones al quedar expuesta ante agentes potencialmente dañinos, como durante los tratamientos endodónticos (M. A. de Carvalho et al., 2021).

La longevidad de un tratamiento endodóntico exitoso depende del sellado coronal a nivel de la interfaz entre la dentina tratada y la restauración. Por ende, la necesidad de mejorar la calidad de la interfaz adhesiva es imprescindible (Wierichs et al., 2019) (Brito et al., 2022). La irrigación con soluciones corrosivas provoca alteraciones estructurales en la dentina que afectan la resistencia adhesiva (Bohrer et al., 2018). La escasa literatura sobre la protección de los tejidos dentales frente a los agentes erosivos del tratamiento endodóntico genera la necesidad de evaluar el sellado marginal de las restauraciones en dientes con tratamiento endodóntico y la influencia de la aplicación de sellado dentinario inmediato con diferentes sistemas adhesivos previo al tratamiento endodóntico.

## **Material y Métodos**

### **Cálculo del tamaño de la muestra**

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó en línea ([www.sealedenvelope.com](http://www.sealedenvelope.com), consultado en febrero de 2025) basándose en los valores de desviación estándar media de la resistencia de adhesión a la microtracción ( $\mu$ TBS) de la dentina sana citados en la bibliografía ( $43,8 \pm 5,3$  MPa) (Muñoz et al., 2013). Para identificar una diferencia de 8 MPa entre los grupos con un nivel de significación del 5% y una potencia del 80% utilizando una prueba de dos caras, se requirió un tamaño de muestra mínimo de ocho dientes por grupo ( $n=8$ ), de acuerdo con las directrices de las pruebas de resistencia a la microtracción para la adhesión de composites dentales (Armstrong et al., 2017).

## Diseño Experimental

Se planteó un estudio *in vitro* comparativo experimental. Se determinó que el tamaño de muestra mínimo debía ser de ocho por grupo ( $n=8$ ), siendo la unidad de medida el hemidiente, según las directrices para pruebas de resistencia a la microtracción en la adhesión de composites dentales (Armstrong et al., 2017). Se seleccionaron 64 terceros molares sanos, sin caries ni fracturas y con dimensiones anatómicas similares (M. A. Carvalho et al., 2025); Estos dientes, después del proceso de preparación de la muestra, se dividieron en mitades para las pruebas de microtracción y el análisis estadístico.

De la combinación de los cuatro factores principales (C: Control, LDh: Hibridación dentinaria tardía, IPDS: Sellado pre-endodóntico dentinario inmediato, PLDh: Hibridación tardía en dentina preparada) y de los cuatro sistemas adhesivos (OBF: Optibond FL (Kerr Corporation, Orange, CA, Estados Unidos) ER (Etched & Rinse), CLF: Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake, Tokio, Japón) SE (Self Etch), UER: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) Universal en modo ER, USE: Tetric N-Bond (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lietschentein) universal en modo SE) resultaron un total de dieciséis grupos, con una muestra de 8 hemidientes ( $n=8$ ) cada grupo.

El tamaño total de la muestra fue de 128 hemidientes, distribuidos entre los 16 grupos como se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de la muestra.

| Factor principal Adhesivo | C     | LDh   | PDLh  | IPDS  |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| OBF                       | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |
| CLE                       | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |
| UER                       | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |
| USE                       | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ | $n=8$ |

Fuente: Elaboración propia

Los dientes se los desinfectaron con cloramina al 0,5% y se conservaron en agua destilada cuando fue necesario. Se retiró el tercio oclusal de las coronas de todos los dientes con una sierra de diamante en una máquina de corte refrigerada por agua (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EE. UU.) para obtener una superficie de dentina plana. Se examinó minuciosamente utilizando un estereomicroscopio (Olympus SZ40, Tokio, Japón) con un aumento de 30X para confirmar la ausencia de esmalte en la superficie dentinaria. Las superficies de dentina expuestas se pulieron con papel abrasivo de carburo de silicio (SiC) húmedo de grano 600 durante 30 segundos para asegurar una capa de barrillo dentinario estandarizada.

### **Factores principales**

**Control (C):** En este grupo no se simuló el tratamiento endodóntico.

**Hibridación dentinaria tardía (LDh):** Se simuló el tratamiento endodóntico sumergiendo las muestras en hipoclorito de sodio al 5.25% (Clorox, Oakland, California; Estados Unidos) por 6 minutos. Luego, se enjuagó con cloruro de sodio al 9% (Lira, Quito, Pichincha, Ecuador) por 1 minuto. Se sumergieron en EDTA 18% (Ultradent, South Jordan, Utah, Estados Unidos) por 3 minutos, seguido de un enjuague con cloruro de sodio al 9% (Lira) por 1 minuto. Las muestras se sumergieron nuevamente en hipoclorito de sodio al 5.25% (Clorox, Oakland, California; Estados Unidos) por 6 minutos, se enjuagaron con agua destilada por 1 minuto y se secó la superficie tratada con papel absorbente para eliminar el exceso de humedad. Se aplicó cemento endodóntico biocerámico BIO-C SEALER (Angelus, Lindóia, Londrina, Brasil) y se froto por 10 segundos. Se esperaron 60 minutos para su fraguado, se limpió la superficie con algodón estéril embebido en etanol al 70% y se esperaron 7 días para la inactivación de los irrigantes.

**Hibridación tardía de dentina preparada (PLDh):** Se simuló el tratamiento endodóntico siguiendo el mismo protocolo de irrigación que en el grupo LDh (hipoclorito de sodio al 5.25%, enjuague con cloruro de sodio al 9%, EDTA al 18%, enjuague con cloruro de sodio al 9%, hipoclorito de sodio al 5.25%, enjuague con agua destilada, secado, aplicación de BIO-C SEALER, limpieza con etanol al 70% y espera de 7 días para inactivación de irrigantes).

Adicionalmente, antes de la fase restauradora, se realizó un pulido de la dentina superficial con la punta diamantada ultrasónica E7D (Helse, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil)

**Sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS):** Se aplicó el sellado dentinario preendodóntico inmediato (Magne, 2014) siguiendo las indicaciones de los fabricantes.

Posteriormente, se simuló el tratamiento endodóntico con el mismo protocolo de irrigación utilizado en los grupos LDh y PLDh (hipoclorito de sodio al 5.25%, enjuague con cloruro de sodio al 9%, EDTA al 18%, enjuague con cloruro de sodio al 9%, hipoclorito de sodio al 5.25%, enjuague con agua destilada, secado, aplicación de BIO-C SEALER, limpieza con etanol al 70% y espera de 7 días para inactivación de irrigantes).

## Adhesivos

Los sistemas adhesivos se aplicaron siguiendo las indicaciones del fabricante, como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2.** Sistemas adhesivos. Especificaciones de los adhesivos utilizados

| Material<br>(Numero de lote)       | Fabricante  | Composición   | Modo de aplicación   |
|------------------------------------|---|---|--|
| OptiBond FL<br>(162830)            | Kerr Co.,<br>Orange, USA                            | <i>Primer:</i> HEMA, GPDM, MMEP, agua, etanol, CQ y BHT<br><i>Adhesivo:</i> Bis-GMA, HEMA, GDMA, CQ, y relleno (SiO <sub>2</sub> ) pirógeno, alumoborosilicato de bario, (Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> ), factor de acoplamiento A174 | <b>Etch-and-rinse (Grupo OBF)</b><br>1. Aplicar ácido fosfórico al 37% durante 15s en esmalte y 10 seg en dentina<br>2. Lavar durante 30s con agua destilada<br>3. Secado con aire durante 15s dejando la dentina húmeda<br>4. Aplicar dos capas separadas de primer con un microaplicador diferente durante 15s<br>5. Airear suavemente durante 15s después de cada aplicación<br>6. Aplicación de la capa adhesiva y fotopolimerizar durante 20s   |
| Clearfil SE Bond<br>(C12840)       | Kuraray<br>Noritake Dental<br>Inc., Tokyo,<br>Japan | <i>Primer:</i> 10-MDP, HEMA, dimetacrilato hidrofílico, CQ, DEPT, agua, etanol.<br><i>Adhesivo:</i> MDP, HEMA, bis-GMA, Dimetacrilato hidrofóbico, CQ, DEPT, Silica coloidal silanizada   | <b>Self-etch (Grupo CLF)</b><br>1. Aplicar ácido fosfórico al 37% durante 20s en esmalte<br>2. Lavar durante 30s con agua destilada<br>3. Secado con aire durante 10s<br>4. Aplicar dos capas separadas de primer en dentina y esmalte frotando con un microaplicador diferente durante 20s<br>5. Airear suavemente durante 15s después de cada aplicación<br>6. Aplicación de la capa adhesiva y fotopolimerizar durante 20s  |
| Tetric -Bond Universal<br>(U42904) | Ivoclar<br>Vivadent,<br>Schaan,<br>Liechtenstein    | HEMA, 10-MDP, Bis-GMA, MCAP, D3MA, etanol, agua, dióxido de silicio altamente disperso y CQ   | <b>Etch-and-rinse (Grupo UER)</b><br>1. Aplicar ácido fosfórico al 37% durante 15s en esmalte y 10 seg en dentina<br>2. Lavar durante 30s con agua destilada<br>3. Secado con aire durante 15s dejando la dentina húmeda<br>4. Aplicar 2 capas separadas de adhesivo frotando con un microaplicador diferente durante 15s<br>5. Airear suavemente durante 15s después de cada aplicación y fotopolimerizar por 20s<br><b>Self-etch (Grupo USE)</b><br>1. Aplicar ácido fosfórico al 37% durante 20s en esmalte<br>2. Lavar durante 30s con agua destilada<br>3. Secado con aire durante 10s<br>4. Se aplicaron dos capas separadas de adhesivo frotando con un microaplicador diferente durante 20s<br>5. Airear suavemente durante 15s después de cada aplicación y fotopolimerizar por 20s |

\*Basado en la ficha de datos de seguridad del fabricante. 10-MDP= 10-metacriloloxidecildihidrógeno fosfato; HEMA= hidroxietilmetacrilato; GDMA= gliceril dimetacrilato; GPDM= dimetacrilato de glicerofosfato; MMEP= metacrilolethil dihidrogen fosfato; CQ= canforoquinona; BHT= butilhidroxitolueno; Bis-GMA= bisfenol A-glicidil metacrilato; DEPT= N,N-Dietil-p-toluidina; MCAP= polímero de ácido carboxílico metacrilado; D3MA= decanodiol dimetacrilato.

Fuente:\*Según instrucciones de uso del fabricante (Ivoclar Vivadent, s. f.; Kerr, s. f.; Kuraray Noritake, s. f.)

### **Fase restauradora**

A todos los grupos de dientes se les aplicó el protocolo adhesivo sugerido por el fabricante y se restauraron con resina *bulk fill* Filtek One (3M ESPE, St. Paul, Estados Unidos) en dos incrementos de 2 mm de grosor (Park et al., 2008). Cada capa se fotopolimerizó durante 40 segundos con la lámpara Grand Valo (Ultradent, South Jordan, Estados Unidos) en potencia estándar.

Cada muestra se fijó en la máquina universal de pruebas de cizallamiento Instron, calibrada a una velocidad continua de 0,5mm/min, hasta que la matriz adhesiva de la muestra se fracturó o la restauración se separó del diente. (Sibai et al., 2022).

### **Ensayo de fuerza de adherencia por microtracción ( $\mu$ TBS)**

Los dientes restaurados se sumergieron en agua destilada mantenida a 37° C durante 24 horas. Las muestras se cortaron longitudinalmente con una máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EE. UU.) y se rotaron 90° para formar barras de resina-dentina, cada una con un área de sección transversal de aproximadamente 0,8mm<sup>2</sup>. Esta área se midió con un calibrador digital (Digimatic Caliper, Mitutoyo, Tokio, Japón) para calcular la resistencia de adhesión en Mpa. De cada diente se obtuvieron de 25 a 30 barras adheridas con resina-dentina, incluyendo las que se despegaron durante las pruebas preliminares. Se registraron todas las barras despegadas para la prueba de nanofugas. Se examinaron tres barras resina-dentina de cada grupo experimental después de 24 horas de almacenamiento en agua; las barras restantes se sometieron a una prueba de resistencia a la microtracción. Tras el periodo de almacenamiento, las muestras de resina-dentina se fijaron a un dispositivo de microtracción Geraldeli usando un gel de cianocrilato y posteriormente se sometieron a una prueba de resistencia a la tracción (AG-I, Shimadzu Autograph, Tokio, Japon) a una velocidad de 0,5 mm/min hasta que se produjo el fallo.

Los valores  $\mu$ TBS (MPa) se determinaron dividiendo la carga de fallo por el área de la sección transversal de las probetas.

Los tipos de fallos observados en los palillos unidos con resina-dentina se clasificaron como:

**Adhesivos (A):** fallo que se produce en la interfase adhesiva.

**Cohesivos (C):** fallo que se produce únicamente dentro de la resina compuesta o la dentina).

**Mixtos (M):** fallo en la interfase resina-dentina con fallo parcial de cohesividad en los sustratos adyacentes).

Esta categorización se realizó utilizando un estereomicroscopio Olympus SZ40 (Tokio, Japon) ajustado a un aumento de X100. Para la evaluación estadística, las muestras con fallo prematuro (PF) presentaron una resistencia de adhesión de 4,0 MPa y se incorporaron al promedio general de los dientes.

### **Análisis estadístico**

En este estudio, la unidad experimental fue el hemidiente, y todas las muestras analizadas procedían de un único hemidiente. Los valores medios de  $\mu$ TBS para la dentina de cada hemidiente se promediaron para fines de análisis estadístico

La normalidad y homocedasticidad de los datos se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Tras confirmar estos supuestos, se realizó un ANOVA de medidas repetidas de dos vías (Grupo vs Intervalo) seguido de la prueba post-test de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ). No se realizaron comparaciones entre adhesivos. Se realizó un análisis de potencia post hoc para los análisis estadísticos. Todos los análisis se realizaron con un paquete estadístico (SPS Statistics, V25.0; IBM Corp.).

## Resultados

El ANOVA de medidas repetidas de dos vías detectó que las interacciones entre los factores “grupo” e “intervalo” no eran estadísticamente significativas para los grupos OBF ( $p=0,065$ ), CLE ( $p=0,153$ ), UER ( $p=0,086$ ) y USE( $p=0,982$ ); (Tablas 3, 4, 5 y 6).

El grupo del factor principal fue estadísticamente diferente para OBF, CLE, UER y USE ( $p<0,001$ ), pero no se encontraron diferencias para el intervalo del factor principal para CLE ( $p=0,562$ ) y USE ( $p=9,38$ ), mientras que para OBF ( $p<0,001$ ) y UER ( $p=<0,001$ ), si las hubo. Las figuras 1 y 2 muestran la media de  $\mu$ TBS para 24H y 10.000 TMC.

Entre todos los adhesivos, el grupo LDh presento los valores  $\mu$ TBS más bajos, independientemente del intervalo. En cambio, no hubo diferencias entre C, IPDS y PLDh, independientemente del adhesivo utilizado. El envejecimiento artificial tuvo un efecto negativo sobre la  $\mu$ TBS cuando se utilizó una estrategia ER (OBF y UER) en comparación con una estrategia SE (CLE y USE), específicamente para el grupo LDh. En general, los resultados del patrón de fractura fueron mayoritariamente adhesivos, especialmente en los grupos TMC (Figuras 3 y 4).

**Tabla 3.** Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para OBF

*Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para OBF en todos los grupos experimentales. Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para CLE en todos los grupos experimentales.*

|                                   | GRUPO EXPERIMENTAL |                    |                     |                    | FACTOR PRINCIPAL    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                                   | C                  | LDh                | IPDS                | PLDh               | GRUPO               |
| <b>24 H</b>                       | 49.61 $\pm$ 3.06   | 19.36 $\pm$ 3.89   | 48.91 $\pm$ 1.93    | 47.93 $\pm$ 3.66   | 41.45 $\pm$ 14.75 A |
| <b>10.000 TMC</b>                 | 44.57 $\pm$ 2.53   | 11.86 $\pm$ 2.10   | 43.31 $\pm$ 3.60    | 39.07 $\pm$ 1.87   | 34.70 $\pm$ 15.40 B |
| <b>FACTOR PRINCIPAL INTERVALO</b> | 47.09 $\pm$ 3.56 a | 15.60 $\pm$ 5.30 b | 46.11 $\pm$ 3.95 ac | 43.50 $\pm$ 6.26 c |                     |

*\*Letras similares (mayúsculas dentro de la columna; minúsculas dentro de la fila) indican que las medidas no son significativamente diferentes (alfa preestablecida de 0,05).*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.** Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para CLE

*Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para CLE en todos los grupos experimentales.*

|                                   | GRUPO EXPERIMENTAL |                    |                    |                    | FACTOR PRINCIPAL    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                                   | LDh                | IPDS               | PLDh               | GRUPO              |                     |
| <b>24 H</b>                       | 41.80 $\pm$ 3.06   | 15.11 $\pm$ 2.13   | 41.10 $\pm$ 3.07   | 40.80 $\pm$ 4.13   | 34.70 $\pm$ 11.86 A |
| <b>10.000 TMC</b>                 | 41.07 $\pm$ 2.91   | 12.75 $\pm$ 1.50   | 42.71 $\pm$ 3.71   | 40.87 $\pm$ 2.67   | 34.35 $\pm$ 12.93 A |
| <b>FACTOR PRINCIPAL INTERVALO</b> | 41.44 $\pm$ 2.99 a | 13.93 $\pm$ 1.66 b | 41.91 $\pm$ 3.39 a | 40.84 $\pm$ 3.40 a |                     |

*\*Letras similares (mayúsculas dentro de la columna; minúsculas dentro de la fila) indican que las medidas no son significativamente diferentes (alfa preestablecida de 0,05).*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5.** Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para UER

*Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para UER en todos los grupos experimentales.*

|                                   | GRUPO EXPERIMENTAL |                    |                   |                    | FACTOR PRINCIPAL   |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|                                   | C                  | LDh                | IPDS              | PLDh               | GRUPO              |
| <b>24 H</b>                       | 43.52 $\pm$ 3.21   | 29.35 $\pm$ 1.70   | 40.17 $\pm$ 3.83  | 40.64 $\pm$ 3.27   | 38.42 $\pm$ 6.22 A |
| <b>10.000 TMC</b>                 | 39.56 $\pm$ 2.24   | 24.16 $\pm$ 2.03   | 38.94 $\pm$ 3.17  | 38.34 $\pm$ 2.12   | 35.25 $\pm$ 6.90 B |
| <b>FACTOR PRINCIPAL INTERVALO</b> | 41.54 $\pm$ 2.72 a | 26.75 $\pm$ 1.86 b | 39.56 $\pm$ 3.5 a | 39.49 $\pm$ 2.69 a |                    |

*\*Letras similares (mayúsculas dentro de la columna; minúsculas dentro de la fila) indican que las medidas no son significativamente diferentes (alfa preestablecida de 0,05).*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.** Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para USE

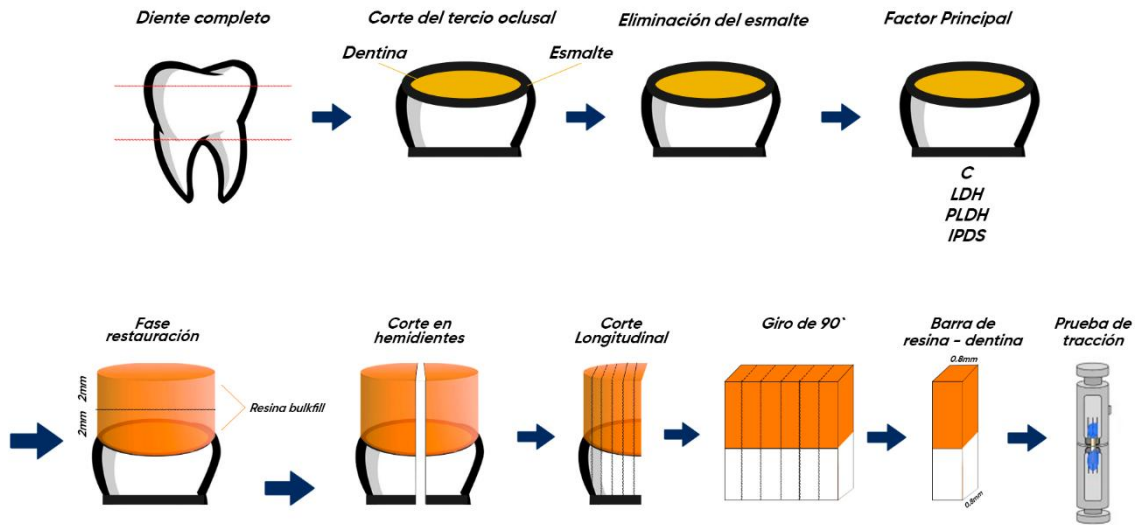
*Valores medios ( $\mu$ TBS) y desviación estándar  $\pm$  para USE en todos los grupos experimentales.*

|                             | EXPERIMENTAL GROUP |                    |                    |                    | MAIN FACTOR GROUP  |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                             | C                  | LDh                | IPDS               | PLDh               |                    |
| <b>24 H</b>                 | 40.79 $\pm$ 3.04   | 27.55 $\pm$ 4.15   | 39.58 $\pm$ 2.89   | 39.34 $\pm$ 3.63   | 36.81 $\pm$ 6.38 A |
| <b>10.000 TMC</b>           | 40.36 $\pm$ 2.24   | 27.64 $\pm$ 3.06   | 39.44 $\pm$ 2.06   | 39.61 $\pm$ 2.02   | 36.76 $\pm$ 5.85 A |
| <b>MAIN FACTOR INTERVAL</b> | 40.57 $\pm$ 2.64 a | 27.60 $\pm$ 2.64 b | 39.51 $\pm$ 2.47 a | 39.47 $\pm$ 2.82 a |                    |

\*Letras similares (mayúsculas dentro de la columna; minúsculas dentro de la fila) indican que las medidas no son significativamente diferentes (alfa preestablecida de 0,05).

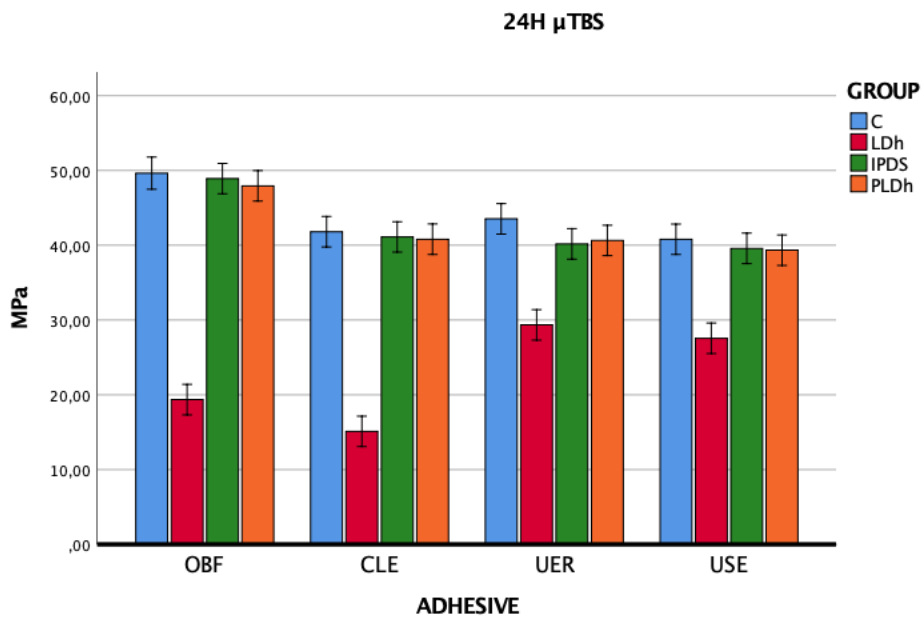
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.** Esquema del proceso de preparación de la muestra



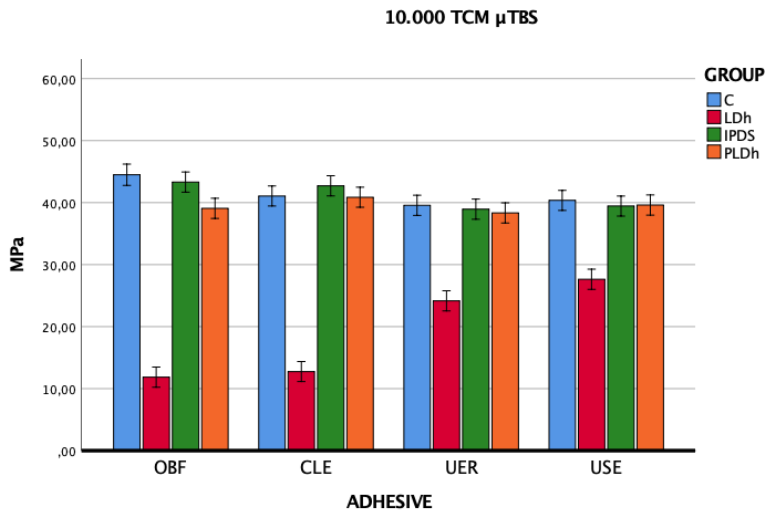
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.** Las barras representan la dispersión de los datos de la resistencia de unión a la microtracción (MPa) de los grupos principales según cada uno de los adhesivos en el grupo experimental de 24 Horas.



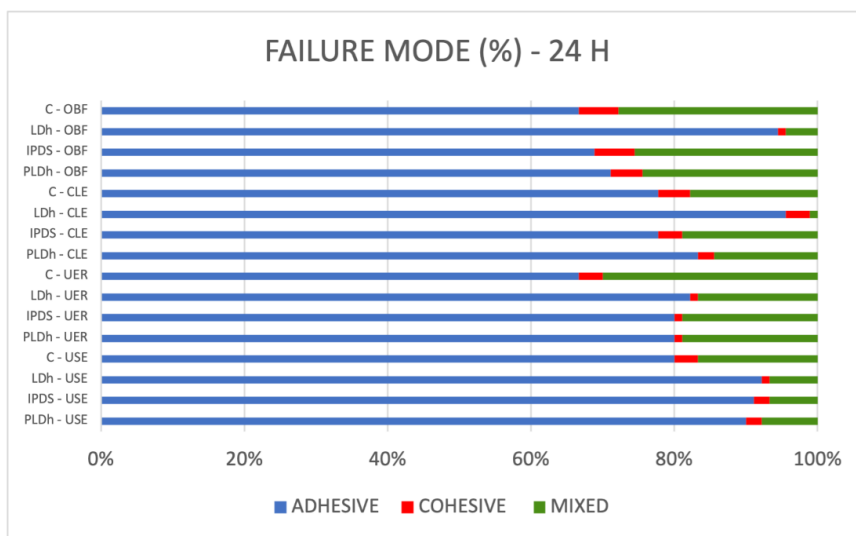
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.** Las barras representan la dispersión de los datos de la resistencia de unión a la microtracción (MPa) de los grupos principales según cada uno de los adhesivos en el grupo experimental de 10000TMC



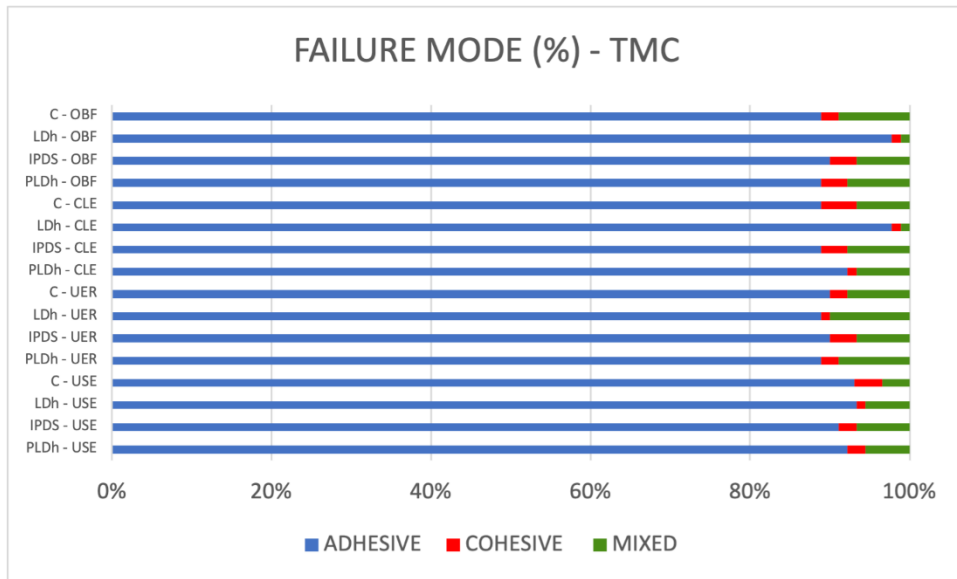
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.** Descripción porcentual de los tipos de fractura en el grupo experimental de 24 Horas



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5.** Descripción porcentual de los tipos de fractura en el grupo experimental de 10000TMC



Fuente: Elaboración propia

## Discusión

El éxito a largo plazo de un tratamiento endodóntico depende fundamentalmente de la calidad del sellado coronal de la restauración post-endodóntica (Gillen et al., 2011). Este factor crucial está intrínsecamente ligado a las propiedades adhesivas del sustrato dentinario y a la estabilidad de la interfaz adhesiva. Sin embargo, estas propiedades pueden verse comprometidas durante el procedimiento endodóntico debido a la exposición a diversos irrigantes y sustancias químicas que modifican la estructura dentinaria (Neelakantan et al., 2018).

Este estudio *in vitro* evaluó la eficacia adhesiva de tres sistemas: Optibond FL, Clearfill SE y Tetric Universal, bajo dos modalidades (Etched & Rinse y Self Etch). La aplicación se realizó mediante tres protocolos distintos: hibridación dentinaria tardía (LDh), sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS) e hibridación tardía de dentina preparada (PLDh). Los resultados obtenidos no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos IPDS y PLDh, en comparación con el grupo control, independientemente del sistema adhesivo utilizado. Los valores de resistencia adhesiva para estos grupos oscilaron entre 39,47 MPa y 47,09 MPa, lo que sugiere un rendimiento clínicamente aceptable en todos estos escenarios. Este hallazgo coincide con lo reportado por (Mazzoni et al., 2018), quienes destacaron que la integridad del sustrato dentinario al momento de la aplicación adhesiva es determinante para obtener valores óptimos de adhesión.

Sin embargo, el protocolo de hibridación dentinaria tardía (LDh) con Clearfill SE mostró valores significativamente inferiores (13,93 MPa), evidenciando un rendimiento considerablemente menor en comparación con los demás procedimientos evaluados. Esta disminución en la resistencia adhesiva es consistente con los estudios de (Dotto et al., 2020),

que demostraron alteraciones ultraestructurales en la dentina expuesta a soluciones endodónticas.

La similitud en los valores obtenidos con los protocolos IPDS y PLDh podría atribuirse a la aplicación del sistema adhesivo sobre sustratos dentinarios no alterados por irrigantes endodónticos. En el IPDS, la capa adhesiva se establece antes del tratamiento endodóntico, mientras que en la PLDh, el proceso de tallado expone fibras colágenas inalteradas que conservan su potencial adhesivo (R. M. Carvalho et al., 2012). Estas condiciones favorables permiten que el adhesivo penetre eficazmente en los túbulos dentinarios y forme una capa híbrida óptima y estable.

Los resultados desfavorables observados en la LDh se atribuyen a la proteólisis de la matriz colágena expuesta al hipoclorito de sodio, EDTA y materiales de obturación endodóntica. Estos agentes alteran la microestructura dentinaria y comprometen la infiltración del adhesivo, lo que resulta en una capa híbrida deficiente (Par et al., 2024). Este fenómeno ha sido documentado por (Mirseifinejad et al., 2017), quienes mediante microscopía electrónica de barrido, demostraron una disminución significativa en la densidad de los tags de resina en dentina previamente tratada con irrigantes endodónticos.

No obstante, dentro del protocolo LDh, el adhesivo Tetric Universal con técnica de grabado total mostró un rendimiento comparativamente superior (27,60 MPa). Esta mejora podría atribuirse a la simplicidad del protocolo, que reduce la sensibilidad técnica y favorece una mejor hibridación incluso en sustratos comprometidos (Tjäderhane, 2015). Además, la mayor proporción de agua en el solvente de este adhesivo podría facilitar una mejor penetración en sustratos dentinarios químicamente alterados, como sugieren estudios sobre la estructura del colágeno dentinario (Breschi et al., 2018).

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al momento de interpretar los resultados obtenidos. El tamaño de la muestra utilizada podría beneficiarse de un incremento para mejorar la potencia estadística, un mayor número de especímenes por grupo experimental permitiría establecer conclusiones más sólidas sobre las diferencias entre las diversas combinaciones de protocolos y adhesivos (Mandava et al., 2020).

Además, la calibración de los dispositivos de microtracción representa una limitación técnica inherente a la metodología empleada. A pesar de los protocolos estandarizados, existe un margen de variabilidad en la velocidad de tracción, alineación de muestra y método de sujeción, lo que podría influir en los valores absolutos de resistencia adhesiva. (Scherrer et al., 2010).

Quizás la limitación más significativa de este estudio reside en la imposibilidad de reproducir con exactitud las condiciones clínicas del medio bucal. Si bien se han evaluado diferentes protocolos adhesivos que simulan diferentes momentos clínicos del tratamiento restaurador post-endodóntico, estos métodos representan aproximaciones imperfectas a la compleja realidad clínica (Perdigão, 2020). Específicamente, factores como: la presencia de microorganismos orales y biofilm bacteriano que colonizan las interfaces adhesivas y pueden degradar la capa híbrida a lo largo del tiempo (Breschi et al., 2008). Las fluctuaciones de pH causadas por alimentos, bebidas y metabolismo bacteriano que afectan la estabilidad de los enlaces adhesivos (Carrilho et al., 2007). Las fuerzas masticatorias heterogéneas y variables entre individuos que someten a las restauraciones a estrés cíclico no uniforme (Kruzic et al., 2018). Las variaciones térmicas por ingesta de alimentos y bebidas que generan tensiones en la interfaz adhesiva debido a los diferentes coeficientes de expansión térmica (Stansbury et al., 2005).

Por tanto, aunque los resultados proporcionan información valiosa sobre el comportamiento inmediato de los sistemas adhesivos evaluados bajo diferentes protocolos, su extrapolación directa a la longevidad clínica debe realizarse con cautela, especialmente considerando que los valores de resistencia adhesiva obtenidos representan únicamente la fuerza inicial de unión y no su estabilidad a largo plazo (Breschi et al., 2008).

Adicionalmente, el estudio se centró exclusivamente en pruebas de microtracción como parámetro de evaluación de la eficacia adhesiva, sin incorporar análisis complementarios como la evaluación de microfiltración marginal o un análisis ultraestructural de la interfaz adhesiva mediante microscopía electrónica, que podrían haber proporcionado información adicional sobre los mecanismos subyacentes que explican las diferencias observadas entre los protocolos (Breschi et al., 2008).

Los hallazgos de esta investigación abren camino a futuras líneas de estudio que podrían abordar las limitaciones identificadas y profundizar en los mecanismos que explican las diferencias observadas entre los protocolos adhesivos. Se proponen las siguientes direcciones para investigaciones subsecuentes:

- Aumentar el tamaño de la muestra.
- Verificar el índice de filtración marginal.
- Aproximar o tratar de replicar las condiciones clínicas a las que se somete una restauración en boca.

## Conclusión

Los resultados de esta investigación *in vitro* proporcionan conclusiones relevantes para la optimización de los protocolos adhesivos en tratamientos restauradores post-endodónticos.

Los protocolos de sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS) y la hibridación tardía de dentina preparada (PLDh) demostraron un rendimiento adhesivo significativamente superior en comparación con la hibridación dentinaria tardía (LDh), independientemente del sistema adhesivo utilizado. Esto subraya la importancia crítica de la preservación de la integridad del sustrato dentinario al momento de la aplicación del adhesivo.

La exposición del sustrato dentinario a soluciones irrigantes endodónticas, afecta negativamente la eficacia adhesiva, como lo evidenció la significativa disminución en los valores de resistencia a la microtracción en el protocolo LDh. Este fenómeno se atribuye a las alteraciones ultraestructurales que comprometen la formación de una capa híbrida óptima.

El sistema adhesivo Tetric Universal bajo protocolo LDh demostró un comportamiento comparativamente superior (27,60 MPa) al Clearfill SE (13,93 MPa) en condiciones de dentina expuesta a irrigantes endodónticos. Esto sugiere una mayor tolerancia del Tetric Universal a sustratos dentinarios comprometidos, posiblemente debido a su composición química y mecanismo de acción que facilitan una mejor interacción con la dentina alterada.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos IPDS y PLDh, lo que indica que ambas estrategias son igualmente eficaces para establecer una interfaz adhesiva resistente cuando se realizan adecuadamente. Este hallazgo sugiere que la preservación de la integridad del sustrato dentinario ya sea mediante protección previa al

tratamiento endodóntico o mediante la exposición de dentina fresca durante el proceso de tallado, es un factor determinante para obtener valores óptimos de adhesión.

El protocolo de hibridación dentinaria tardía (LDh) debe considerarse como la opción menos favorable para procedimientos restauradores post-endodónticos, particularmente cuando se utilizan sistemas adhesivos autocondicionantes. Si este protocolo resulta inevitable por circunstancias clínicas específicas, los sistemas adhesivos de grabado total o universales podrían constituir alternativas más adecuadas para mitigar la disminución en la resistencia adhesiva.

Los resultados sugieren que la selección del protocolo adhesivo en dientes tratados endodónticamente debe priorizar la preservación de la integridad dentinaria, favoreciendo aproximaciones que eviten la exposición del sustrato a alteraciones químicas por irrigantes endodónticos. Cuando esto no sea posible, la elección del sistema adhesivo debe considerar su capacidad para interactuar eficazmente con sustratos dentinarios comprometidos.

En casos donde sea factible planificar anticipadamente el tratamiento endodóntico, el sellado dentinario pre-endodóntico inmediato (IPDS) representa una estrategia prometedora para maximizar la eficacia adhesiva de las restauraciones definitivas, preservando la integridad del sustrato dentinario y estableciendo una interfaz adhesiva más estable y duradera.

Es importante señalar que, aunque los resultados de este estudio in vitro proporcionan información valiosa sobre el comportamiento inmediato de los diferentes protocolos adhesivos, se requieren más estudios clínicos para determinar su desempeño a largo plazo bajo las complejas condiciones del entorno oral.

### Referencias

- Abuhaimed, T. S., & Abou Neel, E. A. (2017). Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed Research International*, 2017, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/1930360>
- Abu-Nawareg, M. M., Zidan, A. Z., Zhou, J., Agee, K., Chiba, A., Tagami, J., & Pashley, D. H. (2015). Adhesive sealing of dentin surfaces in vitro: A review HHS Public Access. *En Am J Dent* (Vol. 28, Número 6, pp. 321-332).
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfefferkorn, F., Ferrari, M., & Van Meerbeek, B. (2017). Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength ( $\mu$ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>
- Baruwa, A. O., Martins, J. N. R., Maravic, T., Mazzitelli, C., Mazzoni, A., & Ginjeira, A. (2022). Effect of Endodontic Irrigating Solutions on Radicular Dentine Structure and Matrix Metalloproteinases—A Comprehensive Review. *Dentistry Journal*, 10(12), 219. <https://doi.org/10.3390/dj10120219>
- Bohrer, T. C., Fontana, P. E., Lenzi, T. L., Soares, F. Z. M., & Rocha, R. de O. (2018). Can Endodontic Irrigating Solutions Influence the Bond Strength of Adhesives to Coronal Dental Substrates? A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *The journal of adhesive dentistry*, 20(6), 481-494. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41633>
- Breschi, L., Maravic, T., Cunha, S. R., Comba, A., Cadenaro, M., Tjäderhane, L., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Mazzoni, A. (2018). Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dental Materials*, 34(1), 78-96. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.005>
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., & De Stefano Dorigo, E. (2008). Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24(1), 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.02.009>
- Brito, G. M. A. P. de, Silva, D. O., Macedo, R. F. C., Ferreira, M. W. C., Bauer, J., Pedrosa, F. de B., Reis, A., Siqueira, F. S. F., Loguercio, A. D., & Cardenas, A. F. M. (2022). Does the Application of Additional Hydrophobic Resin to Universal Adhesives Increase Bonding Longevity of Eroded Dentin? *Polymers*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/polym14132701>
- Carrilho, M. R. O., Geraldeli, S., Tay, F., De Goes, M. F., Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., Reis, A. F., Hebling, J., Mazzoni, A., Breschi, L., & Pashley, D. (2007). *In vivo* Preservation of the Hybrid Layer by Chlorhexidine. *Journal of Dental Research*, 86(6), 529-533. <https://doi.org/10.1177/154405910708600608>
- Carvalho, M. A. de, Lazari-Carvalho, P. C., Polonial, I. F., Souza, J. B. de, & Magne, P. (2021). Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled adhesive systems. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 88-98. <https://doi.org/10.1111/jerd.12700>
- Carvalho, M. A., Lazari-Carvalho, P. C., Maffra, P. E. T., Izelli, T. F., Gresnigt, M., Estrela, C., & Magne, P. (2025). Immediate Pre-Endodontic Dentin Sealing ( IPDS ) Improves Resin-Dentin Bond Strength. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(1), 39-47. <https://doi.org/10.1111/jerd.13395>

- Carvalho, R. M., Manso, A. P., Geraldeli, S., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2012). Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dental Materials*, 28(1), 72-86. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.011>
- Dotto, L., Sarkis Onofre, R., Bacchi, A., & Rocha Pereira, G. K. (2020). Effect of Root Canal Irrigants on the Mechanical Properties of Endodontically Treated Teeth: A Scoping Review. *Journal of Endodontics*, 46(5), 596-604.e3. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.01.017>
- Gillen, B. M., Looney, S. W., Gu, L.-S., Loushine, B. A., Weller, R. N., Loushine, R. J., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2011). Impact of the Quality of Coronal Restoration versus the Quality of Root Canal Fillings on Success of Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 37(7), 895-902. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.002>
- Ivoclar Vivadent. (s. f.). *Tetric N-Bond Universal: Instructions for use*. Ivoclar Vivadent AG.
- Kerr. (s. f.). *OptiBond FL Adhesive System: Instructions for use*. Kerr Corporation.
- Kruzic, J. J., Arsecularatne, J. A., Tanaka, C. B., Hoffman, M. J., & Cesar, P. F. (2018). Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 88, 504-533. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.08.008>
- Kuraray Noritake. (s. f.). *Clearfil SE Bond: Instructions for use*. Kuraray Noritake Dental Inc.
- Magne, P. (2014). IDS: Immediate Dentin Sealing (IDS) for Tooth Preparations. En *The Journal of Adhesive* (p. 594).
- Mandava, J., Pamidimukkala, S., Karumuri, S., Ravi, R., Borugadda, R., & Afraaz, A. (2020). Microtensile Bond Strength Evaluation of Composite Resin to Discolored Dentin After Amalgam Removal. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.7536>
- Maroulakos, G., He, J., & Nagy, W. W. (2018). The Post-endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws. *Journal of Endodontics*, 44(3), 363-371. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.11.007>
- Mazzoni, A., Angeloni, V., Comba, A., Maravic, T., Cadenaro, M., Tezvergil-Mutluay, A., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Breschi, L. (2018). Cross-linking effect on dentin bond strength and MMPs activity. *Dental Materials*, 34(2), 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.009>
- Mirseifinejad, R., Tabrizzade, M., Davari, A., & Mehravar, F. (2017). *Efficacy of Different Root Canal Irrigants on Smear Layer Removal after Post Space Preparation: A Scanning Electron Microscopy Evaluation*. 185-190.
- Neelakantan, P., Ahmed, H. M. A., Wong, M. C. M., Matinlinna, J. P., & Cheung, G. S. P. (2018). Effect of root canal irrigation protocols on the dislocation resistance of mineral trioxide aggregate-based materials: A systematic review of laboratory studies. *International Endodontic Journal*, 51(8), 847-861. <https://doi.org/10.1111/iej.12898>
- Palma, P. J., Neto, M. A., Messias, A., & Amaro, A. M. (2025). Microtensile Bond Strength of Composite Restorations: Direct vs. Semi-Direct Technique Using the Same Adhesive System. *Journal of Composites Science*, 9(5), 203. <https://doi.org/10.3390/jcs9050203>
- Par, M., Steffen, T., Dogan, S., Walser, N., & Tauböck, T. T. (2024). Effect of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, and dual-rinse irrigation on dentin adhesion using an etch-and-rinse or self-etch approach. *Scientific Reports*, 14(1), 6315. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57009-x>

- Park, J., Chang, J., Ferracane, J., & Lee, I. B. (2008). How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or bulk filling? *Dental Materials*, *24*(11), 1501-1505. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.03.013>
- Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*, *56*(1), 190-207. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
- Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R. Q., Gomes, G., & Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *33*(1), 51-68. <https://doi.org/10.1111/jerd.12692>
- Scherrer, S. S., Cesar, P. F., & Swain, M. V. (2010). Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dental Materials*, *26*(2), e78-e93. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.12.002>
- Sibai, N., Mourad, A. E., Suhaibani, N. A., Ahmadi, R. A., & Dosary, S. A. (2022). Shear Bond Strength of Self-Adhesive Flowable Resin Composite. *International Journal of Dentistry*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6280624>
- Soares, J. A., Carvalho, M. A. R. de, Santos, S. M. C., Mendonça, R. M. C., Ribeiro-Sobrinho, A. P., Brito-Júnior, M., Magalhães, P. P., Santos, M. H., & Farias, L. de M. (2010). Effectiveness of Chemomechanical Preparation with Alternating Use of Sodium Hypochlorite and EDTA in Eliminating Intracanal *Enterococcus faecalis* Biofilm. *Journal of Endodontics*, *36*(5), 894-898. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.01.002>
- Stansbury, J., Trujillolemon, M., Lu, H., Ding, X., Lin, Y., & Ge, J. (2005). Conversion-dependent shrinkage stress and strain in dental resins and composites. *Dental Materials*, *21*(1), 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.10.006>
- Tjäderhane, L. (2015). Dentin Bonding: Can We Make it Last? *Operative Dentistry*, *40*(1), 4-18. <https://doi.org/10.2341/14-095-BL>
- Wierichs, R. J., Kramer, E. J., Wolf, T. G., Naumann, M., & Meyer-Lueckel, H. (2019). Longevity of composite build-ups without posts—10-year results of a practice-based study. *Clinical Oral Investigations*, *23*(3), 1435-1442. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2565-0>