



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA ADHESIVA EN DENTINA DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS
UNIVERSALES CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE APLICACIÓN. IN VITRO

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista

Autora:

Olortegui Riveros, Ana Belen

Asesor:

Alvitez Temoche, Daniel Augusto
(ORCID: 0000-0002-3337-4098)

Jurado:

Meneses Gómez, Nadia Carolina
Suyo Chauca, Tania Isabel
Sánchez León, Jairo

Lima - Perú

2024



RESISTENCIA ADHESIVA EN DENTINA DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE APLICACIÓN. IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	Submitted to Universidad Alfonso X el Sabio Trabajo del estudiante	2%
5	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Ketty Amelia Arquíñego Garay, Armando Del Castillo Ayquipa, Rómel Watanabe Velásquez. "Resistencia adhesiva dentinaresina utilizando tres sistemas adhesivos a diferentes tiempos de aplicación. Estudio in vitro", Odontología Sanmarquina, 2019 Publicación	1%



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA ADHESIVA EN DENTINA DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS
UNIVERSALES CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE APLICACIÓN. *IN VITRO*

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora:

Olortegui Riveros, Ana Belen

Asesor:

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

(ORCID: 0000-0002-3337-4098)

Jurado:

Meneses Gómez, Nadia Carolina

Suyo Chauca, Tania Isabel

Sánchez León, Jairo

Lima – Perú

2024

Agradecimiento

A Dios, por ser mi guía a lo largo de mi carrera universitaria y permitirme culminarla.

A mi familia, por su apoyo incondicional y ser mi inspiración para conseguir este importante logro en mi vida.

A mi asesor, Mg. Daniel Alvitez por sus conocimientos y disposición para ayudarme en el proceso de realización de mi tesis.

A mis docentes, por sus enseñanzas a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis amistades, quienes me brindaron su apoyo y consejo cuando más lo necesitaba.

Dedicatoria

A mis padres Ana María y Yobani y mi hermano, por su apoyo incondicional y soporte emocional en cada etapa de mi vida tanto a nivel profesional como personal.

A mis tíos, por sus consejos y siempre estar presentes en cada logro de mi vida.

A mi abuelita que, desde el cielo, sé que estaría muy orgullosa de esta gran noticia.

A todas mis amistades, quiénes durante estos años de carrera estuvieron a mi lado apoyándome para conseguir este gran sueño.

INDICE

Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivo Específico.....	12
1.4 Justificación.....	12
1.5 Hipótesis.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	14
2.1.1 Adhesión dental.....	14
2.1.2 Características de los sustratos dentarios.....	14
2.1.3 Adhesión a sustratos dentarios.....	15
2.1.4 Sistemas adhesivos.....	16
2.1.5 Clasificación de los sistemas adhesivos.....	16
2.1.6 Adhesivos de grabado y enjuague	18
2.1.7 Adhesivos de autograbado	19
2.1.8 Adhesivos universales.....	19
2.1.9 Test de microtensión.....	21
III. MÉTODO.....	22
3.1 Tipo de investigación.....	22
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	22

3.3	Variables.....	22
3.4	Población y muestra.....	23
3.5	Instrumentos.....	24
3.6	Procedimientos.....	24
3.7	Análisis de datos.....	27
3.8	Consideraciones éticas.....	27
IV.	RESULTADOS.....	28
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
VI.	CONCLUSIONES.....	37
VII.	RECOMENDACIONES.....	38
VIII.	REFERENCIAS.....	39
IX.	ANEXOS.....	43

Resumen

Objetivo: Comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (SBU) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) con diferentes protocolos de aplicación. **Metodología:** Estudio experimental *in vitro*, prospectivo, transversal, comparativo. Se emplearon 4 terceras molares humanas que fueron cortadas a nivel del esmalte coronal para exponer dentina. Los dientes se dividieron aleatoriamente en 4 grupos: Grupo A y B para el Single Bond™ Universal (SBU) con el protocolo de aplicación de 1 capa y 2 capas de adhesivo respectivamente; grupo C y D para el Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) con el protocolo de aplicación de 1 capa y 2 capas de adhesivo respectivamente. Posteriormente se construyó un bloque de 5mm de resina compuesta Filtek™ Z350 XT (3M) en cada molar. Las muestras fueron almacenadas en agua destilada (37°C/24 h) y posteriormente seccionadas en 10 especímenes de 1mm² aproximadamente por grupo, para luego ser sometidos a la prueba de microtensión utilizando la máquina de ensayo universal (CMT – 5L) a una velocidad de 0.5mm/min. Los datos fueron analizados mediante la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación múltiple la prueba de Tukey con una significancia de $p < 0,001$. **Resultados:** El protocolo de aplicación de 2 capas incrementó significativamente la resistencia adhesiva en dentina en los dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (SBU) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) ($p < 0,001$). Los mayores valores de resistencia adhesiva se consiguieron en el grupo de SBU (dos capas) con $16,01 \pm 0,59$ Mpa. **Conclusiones:** La resistencia adhesiva en dentina con el protocolo de aplicación de 2 capas de adhesivo fue significativamente mayor que los del protocolo de aplicación de 1 capa en los dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (SBU) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB).

Palabras clave: dentina, adhesión dental, adhesivo.

Abstract

Objective: To compare the dentin bond strength of two universal adhesive systems: Single Bond™ Universal (SBU) and Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) with different application protocols. **Methodology:** In vitro, prospective, cross-sectional, comparative experimental study. Four human third molars were used that were cut at the level of the coronal enamel to expose dentin. The teeth were randomly divided into 4 groups: Group A and B for the Single Bond™ Universal (SBU) with the application protocol of 1 layer and 2 layers of adhesive respectively and group C and D for the Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) with the application protocol of 1 layer and 2 layers of adhesive respectively. Subsequently, a 5mm block of Filtek™ Z350 XT composite resin (3M) was built on each molar. The samples were stored in distilled water (37°C/24 h) and subsequently sectioned into 10 specimens of approximately 1mm² per group, and then subjected to microtensile bond strength test using the universal testing machine (CMT – 5L) at a speed of 0.5mm/min. The data were analyzed using the analysis of variance test (ANOVA) and for multiple comparison the Tukey test with a significance of p<0,001. **Results:** The 2-layer application protocol significantly increased the adhesive strength in dentin in the two universal adhesive systems: Single Bond™ Universal (SBU) and Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB) (p<0,001). The highest bond strength values were achieved in the SBU group (two layers) with 16.01 ± 0.59 Mpa. **Conclusions:** The dentin bond strength with the 2-layer adhesive protocol was significantly higher than the 1-layer protocol for the two universal adhesive systems: Single Bond™ Universal (SBU) and Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (TNB).

Keywords: dentin, dental bonding, adhesives.

I. INTRODUCCIÓN

Los adhesivos dentales son biomateriales fundamentales para conseguir una adecuada adhesión entre el sustrato y el material utilizado en los protocolos clínicos de las restauraciones como rehabilitaciones estéticas adhesivas. Es así como, los estudios de los adhesivos dentales constituyen gran parte de la investigación odontológica, con la finalidad de encontrar un sistema adhesivo que cumpla con los siguientes aspectos: componentes mejorados, altos valores de resistencia adhesiva y reducción en el número de pasos clínicos con el fin de asegurar el éxito del procedimiento clínico (Mandri et al., 2015).

Desde 1995 con la aparición del ácido grabador con Buonocore, la Odontología Adhesiva se encuentra en una búsqueda constante de optimizar la adhesión en dentina a diferencia de la adhesión en esmalte, en donde la adhesión es predecible y estable porque contiene menor composición orgánica como de agua (Bedran-Russo et al., 2017). Mientras que la adhesión en dentina aún es inestable debido a ciertos factores como: complejidad del sustrato, tipo de sustrato (dentina esclerótica o afectada) y el control de la humedad. De esta manera, la estabilidad de la adhesión en dentina dependerá de factores como: destreza del operador, el material empleado (unidades de polimerización y sistemas adhesivos en buenas condiciones) y el número de pasos clínicos (De Munck et al., 2005).

Con el propósito de optimizar la adhesión a nivel dentinario, la industria odontológica ha desarrollado una variedad de sistemas adhesivos dentales que han evolucionado no solo en su composición sino también en relación con la cantidad de pasos clínicos necesarios para su aplicación en los procedimientos restauradores (Mandri et al., 2015). La clasificación de adhesivos basada en generaciones fue ampliamente utilizada a fines de la década de 1990. En esta clasificación, los adhesivos se clasifican en 7 generaciones, según la cronología de su desarrollo. La cuarta generación de adhesivos fue la más famosa, considerado hasta la fecha como el gold estándar, también conocidos como adhesivos de grabado y enjuague de tres pasos.

Posteriormente los adhesivos de quinta y sexta generación se introdujeron al mercado para simplificar su aplicación clínica, hasta la llegada de los adhesivos comúnmente conocidos como adhesivos “todo en uno” o de séptima generación (Elkaffas et al., 2018).

Actualmente en el mercado, los adhesivos se clasifican en dos grandes grupos según su protocolo de aplicación. Adhesivos de grabado y enjuague (ER), que son aquellos que requieren de un acondicionamiento de la superficie dentaria con la aplicación de ácido ortofosfórico como paso previo a la aplicación del adhesivo (Perdigão, 2020). Y los adhesivos de autograbado (SE), que contienen primer ácido en su composición por lo que no requieren la aplicación de un paso previo de acondicionamiento con ácido ortofosfórico (Triani et al., 2022).

Sin embargo, recientemente se introdujeron al mercado los adhesivos universales, muy utilizados entre los profesionales de la odontología debido a sus propiedades únicas, como la alta capacidad para adherirse a diferentes tipos de sustratos dentales con menos pasos clínicos (Triani et al., 2022). Además, estos sistemas adhesivos pueden utilizarse con diferentes protocolos de grabado ácido (grabado total, grabado selectivo del esmalte y autograbado), por lo que es posible realizar una serie de ajustes en el protocolo para así mejorar la fuerza adhesiva entre sustrato-restauración (Rodríguez et al., 2021).

La evidencia de estudios sugiere que la aplicación de los sistemas adhesivos universales empleando diferentes protocolos de aplicación pueden ser beneficiosas para mejorar la resistencia adhesiva en dentina, uno de ellos son investigaciones asociadas con la aplicación de doble capa adhesiva (Hardan et al., 2023). La presente investigación tiene como objetivo comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con diferentes protocolos de aplicación según la cantidad de capas.

1.1 Descripción y formulación del problema

Existen diferentes estudios referentes a la resistencia adhesiva en dentina empleando sistemas adhesivos universales con distintos protocolos de aplicación. Unos siguen los protocolos del fabricante y otros emplean ciertas modalidades de aplicación para lograr una mejor fuerza de unión resina – dentina. Dentro de las diversas modalidades de aplicación están las investigaciones asociadas a la doble aplicación de adhesivo en dentina que ha sido reportada por algunos estudios. Estos estudios reportan que existe una mayor fuerza de unión en dentina con la modalidad de la doble aplicación de adhesivos universales que con una sola aplicación. (Banu Ermis et al., 2019; Chowdhury et al., 2019; Fujiwara et al., 2018; Hardan et al., 2023; Rodriguez et al., 2021; Ugurlu, 2020; Yokoyama et al., 2021). Si bien la evidencia de estudios sugiere que la aplicación de sistemas adhesivos empleando técnicas alternativas pueden ser beneficiosas porque mejoran la fuerza de unión en dentina por lo que podría ser empleado por los odontólogos en su práctica diaria (Hardan et al., 2023); existen otros estudios que concluyen que el efecto de la doble aplicación podría no tener ningún efecto sobre la resistencia y durabilidad de la unión (Bahari et al., 2021).

Actualmente no existen aún los suficientes estudios que evalúen la aplicación e influencia de la doble capa de nuevos sistemas adhesivos universales en la resistencia adhesiva en dentina, siendo necesarios para constatar su efectividad y establecer un protocolo ideal que asegure el éxito clínico a largo plazo al generar una adhesión más predecible y estable resina - dentina.

Por lo descrito anteriormente se formuló la siguiente pregunta de investigación:

¿Existirán diferencias entre la resistencia adhesiva en dentina utilizando dos sistemas adhesivos universales con diferentes protocolos de aplicación?

1.2 Antecedentes

Hardan et al. (2023) revisaron sistemáticamente la literatura para evaluar el rendimiento de unión de los sistemas adhesivos en dentina empleando diferentes modalidades de aplicación. La estrategia de investigación sistemática fue realizada por dos revisores entre múltiples bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science, Embase y Scielo. Se seleccionaron estudios in vitro que informan los efectos de pasos adicionales para la aplicación de sistemas adhesivos sobre la fuerza de adhesión en dentina. El metanálisis se realizó con el software Review Manager, versión 5.3.5 utilizando el modelo de efectos aleatorios. Se evaluó la calidad metodológica de cada estudio in vitro según los parámetros de una revisión sistemática previa. La investigación electrónica a través de diferentes bases de datos generó un total de 8318 referencias. Tras el examen de títulos y resúmenes, un total de 106 estudios potencialmente relevantes accedieron a la fase de evaluación de texto completo. Después del examen del texto completo, se incluyeron 78 publicaciones para el análisis cualitativo y 68 estudios para el metanálisis. En cuanto a los sistemas adhesivos de grabado y enjuague, las modalidades de aplicación que mejoraron la fuerza de unión general fueron la aplicación de una capa de resina hidrófoba ($p = 0,005$), tiempo prolongado de aplicación ($p < 0,001$), una aplicación asistida por corriente eléctrica ($p < 0,001$), una aplicación de doble capa adhesiva ($p < 0,001$), la técnica de agitación ($p = 0,02$), y la aplicación activa del adhesivo ($p < 0,001$). Para los sistemas adhesivos de autograbado, las técnicas que mejoraron la fuerza de unión fueron la aplicación de una capa de resina hidrofóbica ($p < 0.001$), tiempo prolongado de aplicación ($p = 0.001$), una aplicación asistida por corriente eléctrica ($p < 0,001$), una aplicación de doble capa adhesiva ($p < 0,001$), la técnica de agitación ($p = 0,01$), y la aplicación activa del adhesivo ($p < 0,001$). La evidencia de estudios in vitro sugiere que la aplicación de sistemas adhesivos utilizando técnicas alternativas o estrategias adicionales pueden ser beneficiosas para mejorar la fuerza de unión en dentina. Las modalidades de aplicación que influyeron favorablemente en la fuerza de unión

en dentina fueron un tiempo de aplicación prolongado, una aplicación de doble capa adhesiva, una aplicación asistida por una corriente eléctrica, la aplicación activa del adhesivo, y la aplicación de una capa de resina hidrofóbica.

Alam et al. (2022) evaluaron si los diferentes espesores de los adhesivos universales que utilizan la estrategia de recubrimiento adicional afectarían la resistencia de unión a la microtracción (μ TBS) en dentina, así como los efectos de la dureza sobre las propiedades mecánicas de la capa adhesiva. En este estudio se emplearon noventa y nueve premolares superiores humanos las cuales se cortaron para exponer la dentina, se rectificaron con fresas de diamante de grano regular y se distribuyeron aleatoriamente en nueve grupos según 1. Adhesivo: Scotchbond Universal (SB; universal), G Premio Bond (GP; universal) y Clearfil Megabond 2 (MB; autograbado en dos pasos; como adhesivo de control); y 2. Estrategia de aplicación (una, dos o tres capas; cada capa fotocurada). Después de la aplicación de adhesivo y construcción de resina, los dientes se almacenaron en agua destilada (37°C ; 24 h). Se prepararon barritas de resina-dentina de ocho premolares por grupo (cada premolar produjo tres palos; $n = 24$ palos en total) para la prueba μ TBS, seguido de la medición del espesor del adhesivo en sus extremos fracturados usando SEM. Las propiedades mecánicas del adhesivo producidas por diferentes capas se evaluaron en rebanadas separadas de resina y dentina ($n=3$ dientes por grupo). Como resultado se encontró que la aplicación de dos capas incrementó significativamente el μ TBS ($p < 0.001$) de todos los adhesivos. La correlación entre el grosor del adhesivo y la fuerza de unión fue positiva para GP, pero negativa para SB. MB no mostró ninguna correlación. El recubrimiento adicional aumentó significativamente las propiedades mecánicas de GP ($p < 0.05$) pero no afectó a SB y MB ($p < 0.05$). Se concluyó que la aplicación adicional de una capa adhesiva siguiendo las indicaciones del fabricante mejoró la fuerza de unión de todos los adhesivos. Sin embargo, el incremento de las propiedades mecánicas de los adhesivos con curado adicional dependía del material.

Yokoyama et al. (2021) investigaron durante la fase inicial, los cambios en las fuerzas de unión a la dentina de tres adhesivos universales y evaluaron el efecto de la aplicación de doble capa adhesiva sobre el rendimiento de unión a dentina. En este estudio se utilizaron tres adhesivos universales Clearfil Universal Bond Quick (CUB, Kuraray Noritake), G-Premio Bond (GPB, GC), y Scotchbond Universal (SUB, 3M Oral Care) y el adhesivo de autograbado de dos pasos Clearfil SE Bond 2 (CSE, Kuraray Noritake). Se utilizaron un total de 15 muestras en cada grupo de prueba para determinar la resistencia de unión al cizallamiento (SBS) en dentina bovina aplicando el modo de grabado y enjuague o autograbado. Las muestras se asignaron en dos grupos según la aplicación de adhesivo (una capa o doble capa). Las muestras adheridas se almacenaron en agua destilada (37 °C) por 5 min o 1, 6, 12 o 24 h antes de la medición de SBS y el número de dureza Knoop (KHN) de los adhesivos. Se encontró que los adhesivos mostraron aumento de SBS con periodos de almacenamiento prolongados independientemente de la capa adhesiva (simple o doble) o modo grabado. La mayoría de los adhesivos universales en los grupos de doble capa adhesiva mostraron una SBS significativamente más alta que los grupos de una sola capa adhesiva durante el mismo período de almacenamiento. Todos los adhesivos también mostraron un aumento de KHN con un mayor período de almacenamiento. Se concluyó que valores de SBS y KHN de los adhesivos aumentaron con el aumento de la duración del almacenamiento durante un período de 24 horas. La aplicación de una capa adhesiva doble propició un incremento de la fuerza de adhesión en dentina en la fase inicial.

Bahari et al. (2021) investigaron los efectos de la doble aplicación de capa adhesiva en la fuerza de unión del sistema adhesivo universal aplicando estrategias de grabado y enjuague (ER) y autograbado (SE) y los efectos de varios métodos de envejecimiento. En este estudio el esmalte oclusal de 120 terceros molares humanos intactos se extrajeron para exponer la dentina. Luego, las muestras se dividieron de forma aleatoria en cuatro grupos de treinta según la

estrategia de aplicación del adhesivo All-Bond Universal (ABU) (ER y SE) y el número de capas de adhesivo (1 o 2). Luego, cada grupo se subdividió en tres subgrupos de diez según el método de envejecimiento (control, termociclado e hipoclorito de sodio – NaOCl al 10%). La resistencia de la unión al cizallamiento se midió a una velocidad de deformación de 0,5 mm/min. Los datos se analizaron utilizando ANOVA de tres vías y pruebas post hoc de Tukey ($P < 0,05$). Como resultados se encontró que el efecto de la estrategia de aplicación del adhesivo ($P < 0,001$) y el método de envejecimiento ($P < 0,001$) sobre la fuerza de unión fue estadísticamente significativa, pero el efecto de la doble aplicación no fue estadísticamente significativo ($P > 0,05$). Además, el efecto interactivo de la estrategia de aplicación del adhesivo-método de envejecimiento fue significativo ($P = 0,005$). Se concluyó que el uso del All-Bond Universal con la estrategia ER conduce a una mayor fuerza de adhesión a la dentina en comparación con el método SE en los grupos control y termociclado térmico. No obstante, no se encontraron diferencias significativas observadas entre las estrategias ER y SE después del envejecimiento con el NaOCl. Además, la doble aplicación adhesiva podría no tener ningún efecto sobre la resistencia y durabilidad de la unión.

Rodriguez et al. (2021) expusieron información actual acerca de la influencia de los diversos factores en la calidad de adhesión de los sistemas adhesivos universales como la doble capa adhesiva, el grabado ácido frente al autograbado, los pasos agregados a la técnica adhesiva, la adhesión a esmalte frente a la adhesión a dentina y su rendimiento frente a varias pruebas de envejecimiento. En este estudio se desarrolló la búsqueda de las palabras claves "adhesivo universal", "aplicación de doble capa", "fuerza de unión del esmalte", "fuerza de unión en dentina", "envejecimiento artificial" en la base de datos electrónica PubMed, SCOTermPUS y Google Scholar. Los resultados mostraron que el uso de una doble capa adhesiva aumentó la calidad de adhesión en los sistemas adhesivos universales, dándonos una capa más uniforme y estable. La diferencia entre la calidad del adhesivo resultante utilizando

una técnica de grabado ácido frente a una técnica de autograbado podría estar simplemente relacionada con el adhesivo universal utilizado, aunque, no parece que exista diferencia estadísticamente significativa entre las dos técnicas adhesivas. Podemos agregar pasos a nuestro protocolo de adhesión para lograr mejoras en la calidad de nuestra adhesión, como colocar silano antes de colocar la capa adhesiva o humedecer nuestra superficie de dentina con una técnica de grabado ácido. La adhesión en esmalte es más predecible que en dentina, sin embargo, se cree que al inhibir la capa de oxígeno se favorece la adhesión a la dentina. Las pruebas de envejecimiento influyen en los resultados adhesivos obtenidos en estudios in vitro, que intentan imitar las condiciones que podemos encontrar en boca. Se concluyó que los sistemas adhesivos universales ofrecen la ventaja de manejar este material con diversas técnicas, siendo por ello un material versátil que podría ser utilizado en diversos procedimientos clínicos que involucren la unión dentaria.

Ugurlu, (2020) evaluaron el efecto de la doble aplicación de adhesivos universales en la fuerza de unión en dentina luego de la radiación ionizante. En este estudio, se utilizaron ciento cuarenta terceros molares humanos libres de caries. La mitad de los dientes fueron irradiados (IR). Los dientes IR y no IR se asignaron a siete grupos (n=10). Se emplearon los adhesivos universales Single Bond Universal (3M Oral Care), Gluma Bond Universal (Heraeus Kulzer) y Prime&Bond Elect (Dentsply) (siguiendo las instrucciones del fabricante y doble aplicación). El adhesivo de autograbado Clearfil SE Bond de dos pasos se utilizó como control. Después de unir las reconstrucciones de resina a las superficies de dentina oclusal coronal, las muestras se almacenaron en agua (37 °C/24 h) y se seccionaron en micromuestras para luego ser sometidas a la prueba de ensayos de fuerza de unión a la microtracción (1,0 mm/min). El análisis de fallas se realizó con el adhesivo de autograbado de dos pasos Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake) utilizando microscopio estereoscópico y microscopía electrónica de barrido. Los datos se analizaron con ANOVA de dos vías seguido de la prueba de Tukey (P =

0,05). Los resultados evidenciaron que la radioterapia ocasionó la disminución en la fuerza de unión de los adhesivos universales empleados con el protocolo de aplicación de una capa en dentina IR ($P < 0,05$). La doble aplicación incrementó la fuerza de unión de los adhesivos universales en dentina IR ($P < 0,05$). Como conclusión, la doble aplicación adhesiva favoreció la fuerza de unión en dentina de los adhesivos universales sometidos a radioterapia.

Chowdhury et al. (2019) evaluaron los efectos de la doble aplicación de adhesivos de autograbado en la fuerza de unión a la microtracción (μ TBS) en dentina, así como la dureza (H) de las estructuras interfaciales resina-dentina. En este estudio se emplearon 45 terceros molares humanos divididos en 9 grupos de forma aleatoria ($n=5$). Se expusieron las superficies de dentina mediocoronales ($n = 45$) y se pulieron con papel SiC de grano 180. Los adhesivos que se utilizaron fueron el Scotchbond Universal Adhesive (SB), G Premio Bond (GP) y Clearfil Megabond 2 (MB) utilizando tres modos de aplicación: aplicación única, aplicación doble con fotocurado después de cada aplicación, y doble aplicación con fotocurado solo al final. Después de la aplicación de adhesivos, se reconstruyeron capas de resina compuesta y se almacenaron en agua (37°C ; 24 h) y se obtuvieron μ TBS. La dureza del adhesivo, la interfase resina-dentina y la dentina fueron evaluadas por nanoindentación. Los datos de μ TBS y H se analizaron mediante ANOVA de dos vías para demostrar los efectos del adhesivo y el modo de aplicación, así como su interacción, seguido de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los modos de fractura se determinaron utilizando un microscopio estereoscópico. Como resultado se encontró que la μ TBS y H fueron afectados significativamente por los adhesivos y sus modos de aplicación ($p < 0.001$). La doble aplicación incrementó significativamente el μ TBS y H del adhesivo y la interfase resina-dentina ($p < 0.05$). SB y MB mostró μ TBS significativamente más alto que GP ($p < 0.05$). Se concluyó que las dobles aplicaciones de los tres adhesivos de autograbado fueron beneficiosas en la unión de dentina debido a que capas adhesivas más gruesas mejorarían la distribución de la tensión, esto como consecuencia de una mejor

interacción química, eliminación de solventes e infiltración de la resina de los adhesivos empleados.

Fujiwara et al. (2018) determinaron el efecto en la calidad de unión en dentina de la aplicación de doble capa de adhesivos universales comparándolos con los adhesivos convencionales de autograbado de uno y dos pasos. En este estudio se utilizaron dos adhesivos universales: Scotchbond Universal (SU), [3M] y Prime & Bond elect (PE), [Dentsply]. Los adhesivos de autograbado convencionales de un solo paso G-ænial Bond (GB), [GC] y BeautiBond (BB), [Shofu], y el adhesivo de autograbado de dos pasos, Optibond XTR (OX), [Kerr], se usaron como adhesivos de comparación. Las resistencias de unión al cizallamiento (SBS) y las resistencias a la fatiga por cizallamiento (SFS) al esmalte y dentina humana se midieron en modo de aplicación única y doble. Para cada condición de prueba, se prepararon 15 especímenes para la prueba SBS y 30 especímenes para la prueba SFS. Como resultado se encontró que la SBS de esmalte y dentina de los adhesivos universales en el modo de doble aplicación fue significativamente mayor que la del modo de aplicación simple. Además, los adhesivos universales en el modo de aplicación doble tenían valores de SFS de dentina significativamente más altos que las del modo de aplicación única. El adhesivo de autograbado de dos pasos OX tendió a tener una fuerza de unión más baja en el modo de aplicación doble, independientemente del método de prueba o del sustrato adherente. Se concluyó que el modo de aplicación doble es eficaz para mejorar el SBS y SFS de los adhesivos universales, pero no los adhesivos de autograbado de dos pasos convencionales.

Pashaev et al. (2017) evaluaron el efecto de la doble aplicación de capas adhesivas y tiempos en la resistencia de unión a la microtracción (μ TBS) e interfaces adhesiva-dentina creadas por los sistemas adhesivos de dentina de forma inmediata y luego de 6 meses de estar almacenadas en agua. En este estudio, se seleccionaron 216 terceros molares humanos no cariados extraídos, del total 180 dientes se utilizaron para la prueba de resistencia a la

microtracción y 36 para el examen de microscopía electrónica de barrido (SEM). De los 180, 120 dientes fueron asignados aleatoriamente a los adhesivos de prueba: el Single-Bond Universal (SU) y All-Bond Universal (AU) con el modo de grabado y enjuague (Er) y autograbado (Se); y los 60 dientes restantes fueron asignados a los adhesivos de control: Adper Easy One (Eo) de autograbado y el adhesivo Adper Single-Bond 2 (Sb) de grabado y enjuague. Todos los adhesivos se aplicaron a una superficie plana de dentina usando tres métodos. G1: se aplicaron según las instrucciones del fabricante; G2: se aplicaron dos capas adhesivas de forma consecutiva antes de la fotopolimerización; y G3: se aplicó una sola capa de adhesivo, pero con el doble del tiempo de aplicación recomendado por el fabricante antes de la fotopolimerización. La fuerza de unión a la microtracción se determinó de forma inmediata y después de 6 meses de almacenamiento en agua. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza de una vía y las pruebas post-hoc de Tukey. Como resultado se obtuvo que, a las 24 h, los grupos 1, 2 y 3 exhibieron resultados estadísticamente similares para todos los sistemas adhesivos de dentina. Para AU-Er, el grupo 3 mostró una fuerza unión a la dentina significativamente mayor que los grupos de AU-Se después de 6 meses. Se concluyó que los adhesivos universales parecían más estables contra la degradación del agua que los sistemas tradicionales de grabado y enjuague de 2 pasos y los sistemas todo en uno dentro del período de 6 meses.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con diferentes protocolos de aplicación.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo: Single Bond™ Universal (3M ESPE) entre los protocolos de 1 capa y 2 capas de adhesivo.

- Evaluar la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo: Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) entre los protocolos de 1 capa y 2 capas de adhesivo.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación teórica

Los resultados del presente trabajo de investigación permitirán maximizar las evidencias de la resistencia adhesiva utilizando diferentes protocolos de aplicación de los sistemas adhesivos universales como el protocolo de la doble aplicación de capa adhesiva.

1.4.2 Justificación clínica

Al no existir un protocolo ideal de aplicación de los sistemas adhesivos universales que logre una mayor resistencia adhesiva y una fuerza de unión estable y predecible en dentina, es necesario emplear diferentes modalidades y estrategias en el protocolo adhesivo como la doble aplicación de capa adhesiva con la finalidad de poder emplearse de manera adecuada y eficaz en la práctica clínica diaria y así asegurar el éxito clínico a largo plazo de las restauraciones.

1.4.3 Justificación social

Los pacientes se beneficiarán con la optimización y longevidad de tratamientos restauradores realizado por el odontólogo, quién estará capacitado con la información brindada en la presente investigación para elegir el protocolo ideal de aplicación de sistemas adhesivos

universales garantizando una resistencia adhesiva en dentina más estable y predecible generando en los pacientes, un beneficio a nivel emocional como económico.

1.5 Hipótesis

H0: No existe diferencia entre la resistencia adhesiva aplicando el protocolo de 1 capa y 2 capas usando los sistemas adhesivos Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar).

H1: Existe diferencia entre la resistencia adhesiva aplicando el protocolo de 1 capa y 2 capas usando los sistemas adhesivos Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 *Adhesión dental*

La adhesión se precisa como el estado en el cual dos superficies distintas se encuentran unidas mediante fuerzas interfaciales físicas, químicas o por la combinación de ambas. En Odontología, la adhesión es definida como la unión de un material sobre la estructura dental (Henostroza, 2003). El elemento que promueve la adhesión de un material a otro es denominado adhesivo, mientras que el sustrato sobre el que se aplica el adhesivo es denominado adherente (Perdigão, 2007).

2.1.2 *Características de los sustratos dentarios*

Conocer la composición y estructura de los sustratos dentarios, esmalte y dentina, es de gran importancia para comprender su influencia en las uniones adhesivas (Sofan et al., 2017).

2.1.2.1 Esmalte. Es un tejido altamente calcificado compuesto principalmente por 96% de matriz inorgánica, 1% de matriz orgánica y 3 % agua. La matriz inorgánica está conformada por los cristales de hidroxiapatita que conforman prismas del esmalte que van desde la unión amelo-dentinaria hasta la superficie externa del diente, donde el esmalte donde se vuelve aprismático. La superficie de esmalte aprismático brinda una protección adicional frente a la disolución del esmalte en el entorno bucal (Bedran-Russo et al., 2017).

2.1.2.2 Dentina. Es una estructura compleja compuesta por 70% de matriz inorgánica (cristales de hidroxiapatita, fosfatos cálcicos y sales minerales), 20% de matriz orgánica (colágeno tipo I) y 10% de agua (Bedran-Russo et al., 2017). A nivel estructural, en la materia orgánica se encuentran los túbulos de dentina que van desde el complejo pulpar hasta la unión amelodentinaria. Cada uno está rodeado por una dentina intratubular altamente mineralizada que se encuentra bordeada por una dentina intertubular que es menos mineralizada (Bedran-Russo et al., 2017; Perdigão, 2020).

La densidad de los túbulos dentinarios, así como el contenido de agua varía con la profundidad de la dentina. En la dentina superficial la densidad y el contenido de agua en los túbulos dentinarios es más bajo que en la dentina profunda. La dentina superficial está compuesta por menos túbulos dentinarios por lo que la permeabilidad de la resina en la dentina intertubular será responsable de la mayor parte de la fuerza de unión (Sofan et al., 2017). Es decir, la fuerza de unión será mayor en dentina superficial que en dentina profunda debido a que está compuesta por menos túbulos (Bedran-Russo et al., 2017). En dentina profunda, los túbulos dentinarios son más numerosos por lo que la permeabilidad intratubular de las resinas será responsable de una mayor fuerza de unión (Sofan et al., 2017).

2.1.3 Adhesión a sustratos dentarios

2.1.3.1 Adhesión a esmalte. Lograr la adhesión de las resinas en esmalte es en gran medida predecible y alcanzable en la mayor parte de los tratamientos de restauraciones adhesivas. Su mecanismo de unión es de tipo micromécanica, generada por la conformación de tags de resina en la superficie del esmalte desmineralizado (Bedran-Russo et al., 2017; Nagarkar et al., 2019). El protocolo de elección para la unión de materiales a base de resina a la estructura dental es la técnica de grabado ácido (Perdigão, 2020). El ácido fosfórico incrementa el área y energía superficial, así como la humectabilidad del esmalte, que son propiedades claves para la infiltración de la resina y la formación de tags de resina luego de la fotopolimerización. De esta manera, el acondicionamiento con el ácido grabador garantiza una mayor fuerza de adhesión en esmalte para todos los adhesivos dentales, incluidos los de autograbado garantizando una mejor durabilidad de los procedimientos de restauración adhesiva (Bedran-Russo et al., 2017).

2.1.3.2 Adhesión a dentina. La estrategia de adhesión en dentina se centra tanto en la fase mineral como en la fase orgánica (principalmente colágeno) en un ambiente húmedo (Sano et al., 2020). Si bien debido al alto contenido orgánico y de agua de la dentina, así como a su

baja energía superficial que genera que la adhesión a este tejido duro sea extremadamente difícil, esta se puede conseguir con el acondicionamiento ácido de la dentina que remueve el barrillo dentinario y de esta manera se aumenta la fuerza de unión en la interfaz dentina-resina. (Bedran-Russo et al., 2017; Burrer et al., 2020; Perdigão, 2007).

De esta manera, el mecanismo de adhesión en dentina consiste en la remoción del smear layer (barrillo dentinario) por monómeros de resina que se infiltran en las porosidades de la dentina desmineralizada. Estos monómeros encapsulan la matriz de dentina expuesta y forman la capa híbrida que es de vital importancia en la unión dentina-resina (Bedran-Russo et al., 2017). En situaciones clínicas, la eliminación o modificación del barrillo dentinario es esencial para crear la capa híbrida y de esta manera asegurar una fuerte unión entre la resina - dentina (Sano et al., 2020).

Esta capa llamada “Barrillo Dentinario” es una capa uniforme de residuos producto de la instrumentación mecánica de la estructura dental durante la preparación de la cavidad. Se compone principalmente de hidroxiapatita y colágeno alterado que tapa la entrada de los túbulos dentinarios reduciendo su permeabilidad. Actualmente, las estrategias de adhesión van a depender de cómo interactúan los adhesivos dentales con el barrillo dentinario y se clasifican en dos categorías: adhesivos de grabado y enjuague (ER) y adhesivos de autograbado (ES) (Nagarkar et al., 2019).

2.1.4 *Sistemas adhesivos*

Los sistemas adhesivos son compuestos que contienen monómeros hidrófilos como hidrófobos y su diferencia principal es la química de sus monómeros y disolventes (Sofan et al., 2017). El agente de unión de dentina o sistema adhesivo es también considerado como una delgada capa de resina que se aplica entre la dentina condicionada y la matriz de resina del compuesto (Sofan et al., 2017).

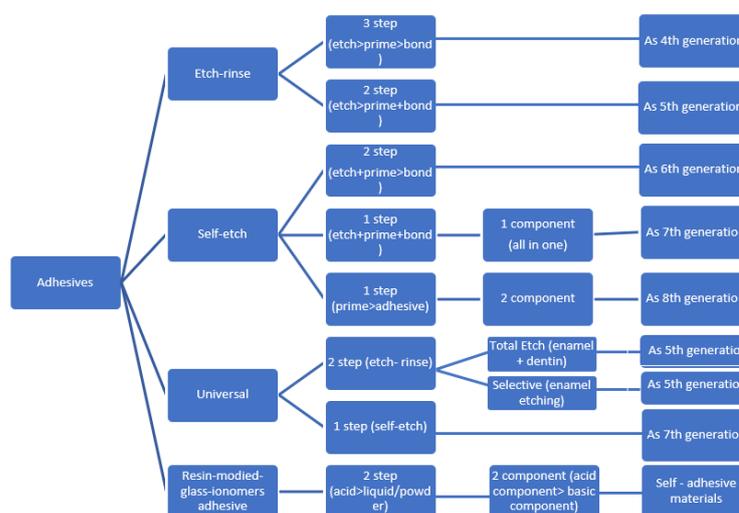
2.1.5 *Clasificación de los sistemas adhesivos*

Los adhesivos se dividen en dos grupos: Por generaciones o por su estrategia de adhesión.

2.1.5.1 Por generación (desde la primera a la octava generación). Es una clasificación comúnmente utilizada por la industria dental y por los líderes de opinión (Perdigão 2020; Perdigão et al., 2021). Esta clasificación se basa en el engañoso concepto de que los adhesivos de última generación tienen lo mejor en tecnología, por lo que posee los adhesivos dentales de mayor rendimiento. Sin embargo, esto no suele ser el caso (Perdigão et al., 2021). Por lo que, esta clasificación es considerada poco informativa, específicamente cuando se toman en cuenta los componentes faltantes del adhesivo dental, es decir, grabador, imprimador y resina adhesiva (Perdigão, 2020).

Figura 1

Clasificación de los adhesivos dentales



Nota. El diagrama representa la clasificación de los adhesivos dentales por generación y según su estrategia de adhesión. Adaptado de “Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type” (p. 3), por E. Sofan, 2017, *Annali di Stomatologia*, III(1).

2.1.5.2 Por su estrategia de adhesión. En esta clasificación los adhesivos se agrupan según la manera como interactúan con el barrillo dentinario. Además, es informativa con respecto a los diversos pasos que se utilizan en el procedimiento adhesivo (Perdigão, 2020). Los adhesivos que eliminan la capa de barrillo dentinario y los tapones de barrillo se conocen como adhesivos de grabado y enjuague (ER) (Perdigão et al., 2021). Incluyen el paso de grabado con ácido fosfórico (Perdigão, 2020). Por otro lado, los adhesivos que no requieren del paso previo de grabado se denominan adhesivos de autograbado (SE). No remueven la capa de barrillo, por el contrario, se integran a la interfaz del adhesivo (Perdigão, 2020).

Para comprender la técnica de grabado y enjuague y de autograbado en la formación de la capa híbrida, es fundamental comprender los componentes básicos de los sistemas adhesivos (Sofan et al., 2017):

El grabador, es el ácido ortofosfórico en una concentración entre 30% y 40%. Se indica enjuagarse después de su aplicación sobre la superficie del diente.

El primer, es una solución hidrófila de monómeros de resina, disolvente orgánico (alcohol o acetona), agua y estabilizadores. Posterior a su aplicación sobre la superficie del diente, solo se secan al aire. No se enjuagan ni se fotocuran.

La resina adhesiva, es una resina hidrofóbica de baja viscosidad sin disolventes. Se emplea sobre la imprimación y luego se fotocura (Perdigão, 2020).

2.1.6 Adhesivos de grabado y enjuague

La estrategia de adhesión de los adhesivos de grabado y enjuague (ER) requiere la aplicación de ácido ortofosfórico y abundante lavado con agua para eliminar la hidroxiapatita microcristalina, las partículas orgánicas y el barrillo dentinario, desmineralizando así las capas superficiales de esmalte y dentina y mejorando la penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios. (Perdigão et al., 2021; Triani et al., 2022). Estos sistemas de adhesivos pueden ser de dos y tres pasos. Los adhesivos ER de dos pasos contiene un grabador y una solución

hidrofílica que actúa como primer y a su vez como adhesivo en una sola botella. Mientras que los adhesivos ER de tres pasos incluyen un grabador, un primer hidrofílico y un adhesivo hidrofóbico separados (Perdigão et al., 2021).

2.1.7 Adhesivos de autograbado

Se introdujeron para controlar la sensibilidad a la humedad de la técnica de grabado y enjuague; y simplificar los pasos clínicos de aplicación del adhesivo para de esta manera minimizar el tiempo clínico (Sofan et al., 2017).

En la estrategia de adhesión de los adhesivos de autograbado (SE), se elimina el paso previo de grabado con ácido ortofosfórico ya que estos productos contienen primer ácido en su composición (Triani et al., 2022). Es así, que estos componentes acondicionan y preparan simultáneamente el esmalte y dentina integrando el barrillo dentinario con la interfaz adhesiva, mientras descalcifica ligeramente la hidroxiapatita superficial en dentina y esmalte (Perdigão, 2020; Perdigão et al., 2021). Esta profundidad de descalcificación depende de la acidez del primer: ultrasuave ($\text{pH} \geq 2,5$), suave ($\text{pH} \approx 2$), intermedicamente fuerte ($\text{pH} 1-2$) y fuerte ($\text{pH} < 1$) (Perdigão et al., 2021).

Los adhesivos de autograbado pueden ser de uno o dos pasos, los cuales varían de acuerdo con la presentación del primer ácido y la resina fluida, las cuales pueden presentarse combinadas o separadas (Triani et al., 2022).

2.1.8 Adhesivos universales

Los adhesivos universales se introdujeron en el mercado en 2011 y fueron muy utilizados entre los profesionales de la odontología debido a sus propiedades únicas, como la alta capacidad para adherirse a diferentes tipos de sustratos dentales con menos pasos clínicos (Triani et al., 2022). Los adhesivos universales son adhesivos Self Etch (SE) de un solo paso que también se pueden utilizar según las instrucciones de los fabricantes como adhesivos Etch and Rinse (ER) de dos pasos cuando se usa el ácido fosfórico para grabar esmalte y dentina. A

su vez, los clínicos pueden emplear estos adhesivos grabando únicamente el esmalte con ácido fosfórico, lo que se conoce como la técnica de grabado selectivo del esmalte. (Perdigão et al., 2021; Perdigão y Swift, 2015).

La diferencia principal entre los adhesivos SE tradicionales de un solo paso y los adhesivos universales es la presencia de monómeros de fosfato y/o carboxilatos funcionales en estos últimos, que se unen iónicamente al calcio en la hidroxiapatita (Perdigão et al., 2021; Perdigão y Swift, 2015). El monómero funcional más común es el MDP (10-metacrilato dihidrogenofosfato de oxidecilo) que se ha demostrado que interactúa con la hidroxiapatita mediante un mecanismo de adhesión dual: (1) Se forma un enlace iónico estable con el calcio por medio de una estructura de nanocapas de sales de MDP-Ca en la interfaz con hidroxiapatita que incrementa la durabilidad a largo plazo de la unión en la dentina y el esmalte; y (2) mejor potencial de grabado del esmalte para MDP en relación con otros monómeros funcionales ácidos (Perdigão, 2020). La concentración de 10-MDP varía entre los diferentes adhesivos universales influyendo en la fuerza de unión del adhesivo. Se ha demostrado que cuanto mayor es la concentración del monómero, mayor es la fuerza de unión del adhesivo (Triani et al., 2022).

El uso de los adhesivos universales como adhesivos ER aplicados tanto en esmalte como en dentina, aún es tema de debate debido a que el grabado elimina el calcio de la dentina, dejando la red superficial de fibras de colágeno rodeadas de agua. De esta manera, la eliminación de calcio de la interfaz podría impedir el enlace iónico entre el calcio y el fosfato y/o grupos carboxilato en el adhesivo. Además, la capacidad de sellado de la dentina de los adhesivos universales disminuye cuando se utilizan como adhesivos ER sobre dentina (Perdigão y Swift, 2015).

Por esta razón, es recomendable utilizar la técnica el grabado selectivo del esmalte cuando utilizamos adhesivos universales como adhesivos ER ya que puede garantizar una

mayor retención micromecánica y sellado marginal del esmalte grabado, además del enlace químico potencial entre el monómero funcional MDP y el calcio en la hidroxiapatita de la dentina (Perdigão et al., 2021).

2.1.9 Test de microtensión

El ensayo de fuerza de unión a microtracción (TBS) se introdujo en el año 1994. Desde entonces, se ha utilizado comúnmente en diversos laboratorios de ensayos de fuerza de unión, lo que lo convierte actualmente en uno de los ensayos de fuerza de unión más estándar como versátil. Aunque es un método estático y basado en la fuerza, junto con las investigaciones morfológicas y espectroscópicas, ha contribuido enormemente en el avance de sistemas adhesivos en dentina (Sano et al., 2020).

Presenta múltiples ventajas, entre ellas, la medición de altos valores de fuerzas de adhesión y del nivel adhesivo en áreas pequeñas (0.5-2mm). Además, mediante esta prueba se puede obtener varios especímenes de un solo diente. Para realizar esta prueba, es necesario construir un bloque de resina, en dentina o esmalte, utilizando un determinado sistema adhesivo. Posterior a ello, los especímenes serán sometidos a fuerzas traccionales hasta conseguir el fallo. La medición de la resistencia adhesiva se cuantifica en Megapascales (MPa) (Sano et al., 1994). La prueba TBS tiene una mayor capacidad discriminatoria que la prueba tradicional de unión por macro cizallamiento (Sano et al., 2020).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*, prospectivo, transversal, comparativo.

3.2 Ámbito temporal y espacial

El presente estudio fue realizado en el Laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. en el año 2023 (Anexo A), el cual posee la certificación NTP-ISO/IEC 17025:2017; documento que demuestra que los laboratorios operan de manera competente y cuentan con la capacidad de generar resultados válidos.

3.3 Variables

3.3.1 Variable dependiente

Resistencia adhesiva

3.3.2 Variable independiente

Tipo de sistema adhesivo

Protocolo de aplicación según la cantidad de capas

3.3.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Resistencia Adhesiva	Propiedad del adhesivo para soportar dos fuerzas que actúan en direcciones opuestas antes de romperse.	Cuantitativa	Test de microtensión	Razón /continua	MPa
Protocolo de aplicación según la cantidad de capas	Cantidad capas de aplicación del adhesivo.	Cualitativa	Según protocolo del fabricante: 1 capa. Según protocolo experimental: 2 capas.	Nominal / dicotómica	1= Una capa 2 = Dos capas
Tipo de sistema adhesivo	Sustancia que establece íntima unión entre la estructura dentaria y el biomaterial restaurador después de ser polimerizado.	Cualitativa	Marca comercial	Nominal / dicotómica	Adhesivo universal (Single Bond Universal) Adhesivo universal (Tetric N-Bond VivaPen)

3.4 Población y muestra

Las muestras del presente estudio fueron varillas de resina-dentina con un área de 1mm^2 aproximadamente, fabricadas a partir de dientes terceros molares humanas aplicando dos tipos de sistemas adhesivos universales con diferentes protocolos de aplicación.

La muestra se calculó utilizando el programa estadístico Stata 17.0, mediante la fórmula de comparación de dos medias, tomando en cuenta los datos de promedio y desviación estándar encontrados en un artículo base (Chowdhury et al., 2019) (Anexo B). Por lo tanto, se emplearon 4 terceros molares donde cada grupo contó con 10 especímenes.

Criterio de inclusión

- Molares sanos con indicación de extracción.
- Molares con ápices cerrados.
- Molares con formación coronaria completa.
- Molares sin malformaciones.

Criterios de exclusión

- Molares con algún tipo de restauración.
- Molares con caries dental.

3.5 Instrumentos

- Ficha de recolección de datos (Anexo C)
- LED VALO™ Grand (385 - 515 nm)
- Máquina digital de Ensayo Universal CMT – 5L (Anexo D)

3.6 Procedimientos

3.6.1 Selección y preparación de muestras

Se seleccionó aleatoriamente 4 terceras molares humanas extraídas en consultorios particulares, sin rasgos clínicos de lesión cariosa o algún tipo de restauración. Para la desinfección de las molares, se utilizó una solución de cloramina al 0.5% por 24 h (Armstrong et al., 2017) y luego fueron almacenadas en un recipiente de vidrio con suero fisiológico (cloruro de sodio al 0.05%) para evitar su deshidratación. Posteriormente, las molares se dividieron en cuatro grupos, de acuerdo con el sistema adhesivo universal empleado y el protocolo de aplicación del número de capas adhesivas. Para la confección de las muestras, las raíces de cada molar fueron insertadas individualmente en tubos de PVC (Pavco, Perú) y cubiertas hasta 2mm antes del margen gingival con acrílico, para lo cual se utilizó polímero autocurable de color 62 y transparente (Vitacron, Perú) más un monómero (Vitacryl, Perú). Para exponer la dentina de las molares, se eliminó la cara oclusal por medio de un corte

transversal a nivel del esmalte coronal empleando la máquina de corte tipo Dremel bajo continua corriente de agua. De esta manera, se obtuvo una superficie plana de dentina, sin exposición pulpar y sin necesidad de un pulido posterior. Finalmente, las superficies se lavaron con suero fisiológico por 10 s con jeringa triple y se procedieron a secar con papel tisú. Los molares se dividieron aleatoriamente en 4 grupos con 1 molar cada uno:

- Grupo A: Single Bond™ Universal (3M ESPE) con la aplicación de una capa adhesiva según las indicaciones del fabricante.

- Grupo B: Single Bond™ Universal (3M ESPE) con la aplicación de dos capas adhesivas.

- Grupo C: Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con la aplicación de una capa adhesiva según las indicaciones del fabricante.

- Grupo D: Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con la aplicación de dos capas adhesivas.

3.6.2 Aplicación de protocolos de adhesión

Con respecto a los protocolos adhesivos, en el Grupo A se empleó el Single Bond™ Universal (3M ESPE) con la aplicación de una capa adhesiva. La aplicación se realizó según las indicaciones del fabricante con la técnica de autograbado. Primero, se aplicó el Single Bond™ Universal (3M ESPE) con la ayuda de un microbrush frotando activamente la dentina (20 s). Después se aplicó aire en forma indirecta con la jeringa triple hasta la evaporación del adhesivo (5 s) y se fotopolimerizó con la lámpara LED VALO™ Grand (385 - 515 nm) por 10 segundos. En el Grupo B, se empleó el Single Bond™ Universal (3M ESPE) siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero con la aplicación de dos capas adhesivas, cada una de ellas fue fotopolimerizada por separado con la lámpara LED VALO™ Grand (385 - 515 nm) por 10 segundos. En el grupo Grupo C, se utilizó el Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar), empleando la técnica de autograbado. Se aplicó el Tetric® N-Bond Universal VivaPen®

(Ivoclar) frotando activamente la dentina (20 s). Después se aplicó aire en forma indirecta con la jeringa triple hasta la evaporación del adhesivo (5 s) y se fotopolimerizó con la lámpara LED VALO™ Grand (385 - 515 nm) por 10 segundos. En el Grupo D se utilizó el Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar), siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero con la aplicación de dos capas adhesivas, cada una de ellas fue fotopolimerizada por separado con la lámpara LED VALO™ Grand (385 - 515 nm) por 10 segundos.

Después de los protocolos adhesivos, se construyó un bloque de 5mm de resina compuesta Filtek™ Z350 XT (3M ESPE-USA) empleando un anillo metálico. Con la ayuda de una espátula se procedió a colocar la resina en el anillo metálico con la técnica incremental de 2mm calibrado con una sonda periodontal, donde cada incremento se fotopolimerizó por 20 segundos con la lámpara LED VALO™ Grand (385 - 515 nm) hasta una altura de 5mm. Finalmente, las muestras se almacenaron en agua destilada durante 24 horas.

3.6.3 Obtención de especímenes

Pasada las 24 horas, la parte coronal de cada molar se seccionó verticalmente, en sentido frontal y lateral, empleando la máquina de corte tipo Dremel con constante irrigación, obteniendo las muestras en forma de varillas o especímenes por cada grupo de estudio. Se obtuvo 15 especímenes por cada grupo de las cuales se seleccionaron 10 especímenes de 1mm² aproximadamente para minimizar la variabilidad regional de la dentina. Los especímenes fueron reservados en envases para evitar que se rompan (Armstrong et al., 2017).

3.6.4 Medición de la resistencia adhesiva

La prueba de microtensión se realizó con la máquina de ensayo universal (CMT – 5L). Con la ayuda de un calibrador electrónico se midió cada varilla en espesor y área. Los datos obtenidos se anotaron en una ficha de datos previamente elaborada (Anexo C). Los especímenes se colocaron a la máquina con cianocrilato y se sometieron a fuerzas traccionales con una aceleración de 0,5 mm/min hasta la fractura de cada espécimen. Al producirse el fallo,

la tracción que ejerció la máquina se detuvo y registró las medidas obtenidas para el vaciado de la información y la conversión a Megapascuales (MPa), por ser la unidad que mide la fuerza de resistencia adhesiva.

3.7 Análisis de datos

Los datos se exportaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel para su posterior análisis estadístico utilizando un software estadístico Stata v17.0.

En la presente investigación se realizó un análisis descriptivo y se obtuvo frecuencias absolutas y relativas de las variables cualitativas, para las variables cuantitativas se describieron la media o mediana y desviación estándar o rango intercuartílico, según la distribución de los datos.

Cada grupo fue sometido a la prueba de normalidad para ver la distribución de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$). Se realizó un análisis univariado mediante los cálculos de la media y la desviación estándar. Para hallar la diferencia y comparar los valores promedios en los diferentes grupos se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación múltiple la prueba de Tukey con una significancia de $p < 0.001$.

3.8 Consideraciones éticas

- El presente estudio fue de tipo experimental - *in vitro*, por lo que no tuvo implicancia ética en seres humanos, además el investigador se deslindó de cualquier tipo de conflicto de interés con las empresas y marcas utilizadas en el presente estudio, debido a que fueron utilizados con fines de investigación.

- Respeto a la autoría y lineamientos UNFV.

IV. RESULTADOS

El propósito del presente estudio fue comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con diferentes protocolos de aplicación. La muestra estuvo compuesta por 40 especímenes de 1mm² aproximadamente; distribuidos en cuatro grupos: Single Bond™ Universal (3M ESPE) aplicando una capa de adhesivo (n=10), Single Bond™ Universal (3M ESPE) aplicando dos capas de adhesivo (n=10), Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) aplicando una capa de adhesivo (n=10) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) aplicando dos capas de adhesivo (n=10).

Tabla 1

Valores promedios de la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo Single Bond™ Universal aplicando una y dos capas de adhesivo

	Resistencia Adhesiva (Mpa)					Estadístico de Leneve	Valor <i>p</i> *
	Media	D.S.	Mín.	Máx.			
Single Bond™ Universal (una capa)	10,71	0,68	9,69	11,92		0,000	p<0,001
Single Bond™ Universal (dos capas)	16,01	0,83	15,08	17,39			

Nota. Se observan los valores promedios de la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo Single Bond™ Universal (3M ESPE) aplicando una y dos capas de adhesivo. La media de Single Bond™ Universal (una capa) fue $10,71 \pm 0,68$ Mpa; mientras que, la media de Single Bond™ Universal (dos capas) fue $16,01 \pm 0,83$ Mpa. Existe diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia adhesiva en dentina del Single Bond™ Universal (una capa) y Single Bond™ Universal (dos capas) (Prueba *t* para muestras independientes; $p < 0,001$).

Tabla 2

Valores promedios de la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) aplicando una y dos capas de adhesivo

	Resistencia Adhesiva (Mpa)					Estadístico de Leneve	Valor <i>p</i> *
	Media	D.S.	Mín.	Máx.			
Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa)	8,35	1,09	6,77	9,95		0,000	p<0,001
Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas)	10,30	0,59	9,09	11,27			

Nota. Se observan los valores promedios de la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) aplicando una y dos capas de adhesivo. La media de Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa) fue $8,35 \pm 1,09$ Mpa; mientras que, la media de Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas) fue $10,30 \pm 0,59$ Mpa. Hay diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia adhesiva en dentina del Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas) (Prueba *t* para muestras independientes; $p < 0,001$).

Tabla 3

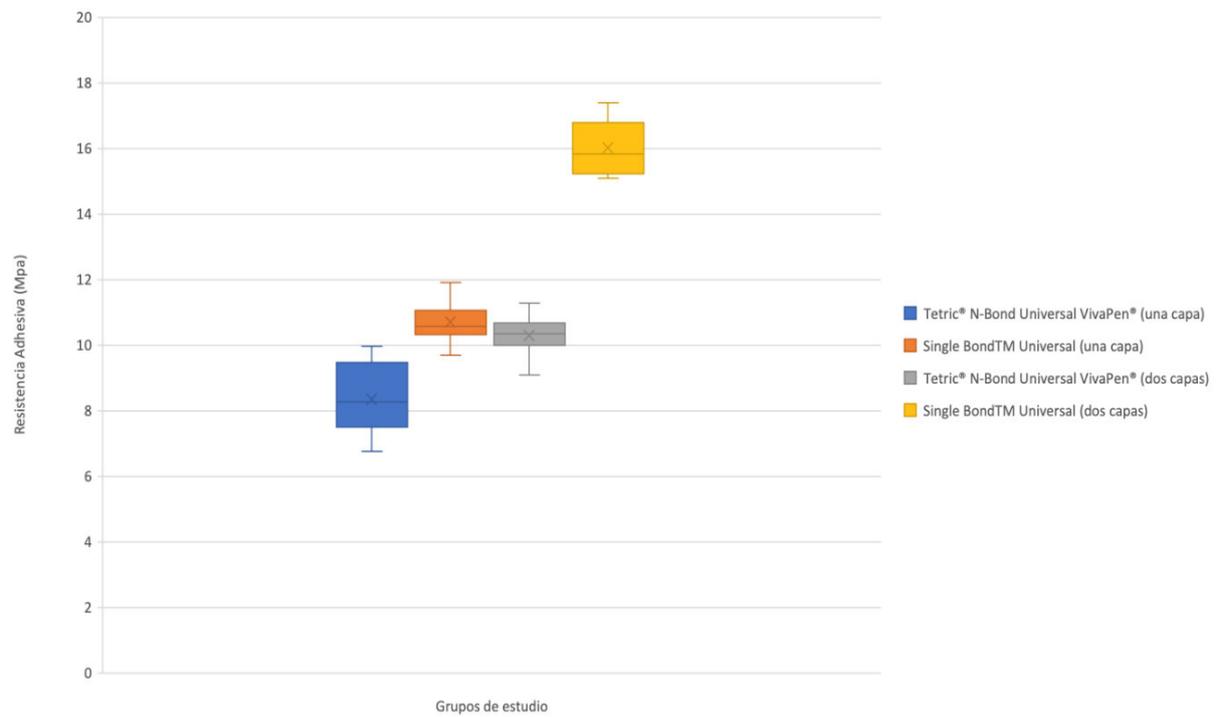
Comparación de la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar)

	Resistencia Adhesiva (Mpa)					
	N	Media	D.S.	Varianza	Δ Medias	Valor p*
Single Bond™ Universal (una capa)	10	10,71 ^a	0,68	,46		
Single Bond™ Universal (dos capas)	10	16,01 ^b	0,83	,69	- 5,29600 ^{a-b}	p<0,001
Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa)	10	8,35 ^c	1,09	1,18	2,36200 ^{a-c}	
Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas)	10	10,30 ^{ad}	0,59	,34	0,41600 ^{a-d}	

Nota. En la tabla 3 y figura 1 se observa la comparación de la resistencia adhesiva en dentina entre los diferentes grupos de estudio. Existe diferencia estadísticamente significativa entre grupos al comparar las medias de Single Bond™ Universal (una capa), Single Bond™ Universal (dos capas) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa) (Prueba Anova de Tukey; $p < 0,001$). No se obtuvo diferencia estadísticamente significativa al comparar la media de Single Bond™ Universal (una capa) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas) (Prueba Anova de Tukey; $p > 0,001$). El mayor promedio de resistencia adhesiva se obtuvo en el grupo de Single Bond™ Universal (dos capas) con $16,01 \pm 0,59$ Mpa; y la más baja, en el grupo de Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa) con $8,35 \pm 1,09$ Mpa.

Figura 1

Comparación de la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos *Bond™ Universal* (3M ESPE) y *Tetric® N-Bond Universal VivaPen®* (Ivoclar)



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la actualidad los adhesivos dentales son biomateriales fundamentales para conseguir una adecuada adhesión entre el sustrato y el material utilizado en los protocolos clínicos de las restauraciones como rehabilitaciones estéticas adhesivas. Un adecuado manejo y protocolo del sistema adhesivo genera un mayor éxito en los tratamientos restauradores. Este estudio decidió utilizar sistemas adhesivos universales debido a sus propiedades únicas, como la alta capacidad para adherirse a diferentes tipos de sustratos dentales con un menor tiempo clínico (Triani et al., 2022). Además de la versatilidad de poder usarse con diferentes métodos de aplicación, lo que mejora la resistencia adhesiva entre diente-restauración.

La evaluación de la resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos se puede realizar por medio de fuerzas de cizalla o fuerzas de tensión utilizando la prueba de microtensión, siendo la prueba más utilizada debido a que presenta múltiples ventajas como la medición de altos valores de fuerzas de adhesión y del nivel adhesivo en áreas muy pequeñas (0.5-2mm). Además, que mediante esta prueba se puede obtener varios especímenes de un solo diente a diferencia de la prueba de cizallamiento (Sano et al., 2020).

El presente estudio *in vitro* tuvo como propósito comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con diferentes protocolos de aplicación. Para este estudio, se utilizó la máquina digital de Ensayo Universal CMT – 5L para la prueba de microtensión. Los datos se obtuvieron en Newton para posteriormente ser transformados en Mpa.

Uno de los objetivos de este estudio fue comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar), siendo este último disponible en una nueva presentación, entre los protocolos de 1 capa y 2 capas de adhesivo.

Los resultados mostraron que la resistencia adhesiva en dentina de los adhesivos universales con el protocolo de aplicación de 2 capas de adhesivo fue significativamente mayor que los del protocolo de aplicación de 1 capa correspondientes a los grupos de la misma marca comercial, estos hallazgos son similares a algunos estudios como Alam et al (2022)., evaluaron en premolares humanas si los diferentes espesores de los adhesivos universales que utilizan la estrategia de recubrimiento adicional afectarían la resistencia de unión a la microtracción (μ TBS) en dentina, encontrando que la aplicación de dos capas incrementó significativamente el μ TBS de todos los adhesivos y concluyendo que la aplicación de dos capas mejora la fuerza de unión de todos los adhesivos, similar resultado obtuvieron Ugurlu (2020), Chowdhury et al. (2019), Ermis et al. (2019) y Fujiwara et al. (2018) concluyendo que la aplicación de 2 capas fue beneficiosa para optimizar la fuerza de unión a la dentina de los adhesivos universales aplicados en modo de autograbado. Por el contrario, estudios como la de Bahari et al. (2021), encontraron que el efecto de la doble aplicación del adhesivo All Bond Universal (ABU) sobre la fuerza de unión a la dentina no fue estadísticamente significativo concluyendo que la doble aplicación podría no tener ningún efecto en la resistencia y durabilidad de la unión de los sistemas adhesivos. Aunque no es posible justificar con certeza la diferencia en los resultados de los estudios, esto podría estar relacionado con los componentes del adhesivo universal empleado, y, en cierta medida, porque emplearon la prueba de resistencia de unión al cizallamiento diferente a la prueba realizada en este estudio, la prueba de resistencia a la microtensión, que permite medir áreas pequeñas que oscilan entre 0.5- 2mm , permitiendo un análisis verídico y fidedigno de la resistencia de unión entre el material y el sustrato dental (Sano et al., 2020). Con respecto a la composición, el All Bond Universal (ABU) presenta dos disolventes diferentes (etanol y agua), que tienen distinto poder de evaporación. En una capa más delgada, estas dos sustancias se evaporan fácilmente, pero en una capa más gruesa, el etanol se evapora más rápido y su volumen disminuye antes de llegar al azeótropo, lo que

genera que los monómeros de resina se caigan en la solución y provoque la separación de fases dentro de la capa adhesiva lo que produce una evaporación incompleta del resto del agua del adhesivo reduciendo el grado de conversión. La presencia de este disolvente residual podría poner en peligro la polimerización de los monómeros de resina provocando una disminución en la fuerza de unión resina-dentina (Hardan et al. 2023). Esto podría justificar que el efecto de la doble aplicación del ABU en la resistencia adhesiva en el sustrato dentinario no fue estadísticamente significativo en comparación con el presente estudio.

El grupo perteneciente al Single Bond™ Universal (3M ESPE) con el protocolo de aplicación de 2 capas en su modo autograbado donde cada capa fue fotopolimerizada después de cada aplicación, mostró los valores de resistencia significativamente más altos al compararlos con el protocolo de aplicación de 1 capa. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los de Ermis et al. (2019), quienes evaluaron la fuerza de unión a la microtracción (μ TBS) de los adhesivos universales, entre ellos, el Single Bond Universal con o sin una capa adhesiva adicional aplicada sobre un adhesivo universal fotopolimerizable o no fotopolimerizable por separado, concluyendo que la resistencia adhesiva de los adhesivos universales en su modo de autograbado, mejoran al aplicar una capa de adhesivo adicional cuando los adhesivos universales se fotopolimerizan por separado.

De igual manera, en el caso del grupo perteneciente al Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar Vivadent), con el protocolo de aplicación de 2 capas se obtuvo una mayor resistencia adhesiva en dentina en comparación con el protocolo de 1 capa, lo mismo ocurrió con el estudio de Chowdhury et al. (2019), con la doble aplicación se incrementó significativamente la fuerza de unión a la microtracción de la interfase resina-dentina concluyendo que las aplicaciones dobles de adhesivos universales fueron beneficiosas para los tres adhesivos en su modo de autograbado.

Al comparar la resistencia adhesiva en dentina de ambos sistemas adhesivos según el protocolo de aplicación, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de Single Bond™ Universal (una capa), Single Bond™ Universal (dos capas) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (una capa). Sin embargo, no existe diferencia estadísticamente significativa al comparar el Single Bond™ Universal (una capa) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (dos capas). Esto podría radicar en que el adhesivo Single Bond™ Universal contiene en su composición el ácido polialquenoico, monómero funcional que establece una unión química a nivel dentinario al ser combinado con el hidroxilo metacrilato (HEMA). Esta unión genera al Copolímero Vitrebond™ que aporta un rendimiento de adhesión más durable en dentina en diferentes niveles de humedad proporcionando mayor resistencia a la fatiga. (Ficha técnica 3M). Esto podría justificar que al comparar el grupo de Tetric® N-Bond Universal VivaPen® con la aplicación de dos capas no se encontró diferencia estadísticamente significativa con el grupo de Single Bond™ Universal de una capa debido a los componentes mencionados que le proporcionan un mejor rendimiento de adhesión en dentina.

La importancia de este estudio fue comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales el Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar), disponible en el mercado en una nueva presentación con el protocolo de aplicación de 1 capa y el protocolo de 2 capas con fotopolimerización después de cada aplicación con la finalidad de mejorar la resistencia adhesiva empleando la doble capa adhesiva. Según los resultados obtenidos, ambos adhesivos tienen valores de resistencia adhesiva en dentina significativamente más altos que sus grupos con el protocolo de aplicación de 1 capa. Sin embargo, al comparar ambos adhesivos, el Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) en una nueva presentación tiene una menor resistencia adhesiva en comparación al Single Bond™ Universal (3M ESPE). Sin embargo, de acuerdo con las instrucciones del

fabricante, este nuevo adhesivo no prohíbe el uso de un ácido grabador, por lo que podría ser necesario, realizar un grabado de la superficie dental con la finalidad de conseguir mejores resultados debido a que en el presente estudio se empleó en su modo de autograbado.

A pesar que la comparación de las muestras fueron realizadas en un mismo tiempo, lo que reduce sesgos relacionados a errores de procedimiento, lapsos de tiempo, etc.; al ser este estudio in-vitro, existen ciertas limitaciones a pesar de que se trata de simular la situación clínica del medio bucal como la humedad, la presencia del flujo salival y presión intratubular de la dentina entre otras limitaciones encontradas en la ejecución como el manejo de los especímenes, debido a su reducido tamaño, un inadecuado manejo podría generar la fractura de los especímenes considerándose descartados.

A pesar de que la resistencia adhesiva de adhesivos universales es un tema muy tratado en el campo de la investigación odontológica, la poca evidencia científica respecto a su modo de empleo con diferentes protocolos de aplicación como la aplicación de capas adhesivas in vitro, sugiere la necesidad de realizar más estudios in vitro, para determinar con mayor precisión la resistencia de unión de estos materiales a los diferentes sustratos. La industria en busca de mejoras condiciones clínicas va generando nuevos productos de manera rápida por lo que existe una amplia variedad de sistemas adhesivos en el mercado. Una razón más por la que es importante realizar estas comparaciones y estudios experimentales para beneficiar a los clínicos con la elección de un buen sistema adhesivo, así como evaluar su modo de empleo con estos protocolos, y su efectividad en la práctica clínica. De esta manera, se podría validar la información de estos futuros estudios y su comportamiento a lo largo del tiempo dando inicio a estudios clínicos para poder mejorar el proceso de adhesión entre resina-dentina lo cual significaría mejores resultados en los tratamientos restauradores.

VI. CONCLUSIONES

- La resistencia adhesiva en dentina con el protocolo de aplicación de 2 capas de adhesivo fue significativamente mayor que los del protocolo de aplicación de 1 capa correspondientes a los grupos de la misma marca comercial del Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar).
- Single Bond™ Universal presentó el valor más alto de resistencia adhesiva en dentina con el protocolo de aplicación de 2 capas.
- Tetric® N-Bond Universal VivaPen® presentó el valor más bajo de resistencia adhesiva con el protocolo de aplicación de 1 capa.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios similares con sistemas adhesivos universales para evaluar la resistencia adhesiva en dentina de cada sistema donde las muestras antes del corte sean sometidas a un proceso de envejecimiento como el termociclado para evaluar el tiempo de duración.
- Se podrían realizar estudios complementarios como la microscopía electrónica de barrido, para evaluar y analizar los tipos de falla que se produjeron (cohesivo, adhesivo o mixto).
- Debido a la limitada evidencia científica con relación al uso de los sistemas adhesivos universales, se recomienda realizar estudios similares sobre resistencia adhesiva en dentina empleando diferentes técnicas de grabado: grabado total, autograbado y grabado selectivo del esmalte.
- Se recomienda realizar estudios para evaluar si la resistencia adhesiva en dentina de los nuevos sistemas adhesivos universales encontrados al inicio y después de algún periodo de tiempo se mantiene o se modifica con el tiempo.

VIII. REFERENCIAS

- Alam, A., Yamauti, M. y Saikaew, P. (2022). The evaluation of Micro tensile bond strength test View project. *J Adhese Dent*, 24, pp. 291-300. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b3240695>
- Armstrong, S., Breschi, L., Özcan, M., Pfefferkorn, F., Ferrari, M. y 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 (μ TBS) approach. *Dental Materials*, 33(2), pp. 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.015>
- Bahari, M., Oskoe, S., Chaharom, M.E.E., Kahn moui, M. A., Gholizadeh, S. y Davoodi, F. (2021). Effect of accelerated aging and double application on the dentin bond strength of universal adhesive system. *Dental Research Journal*, 18(25). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8248259/>
- Ermis R.B., Ugurlu M., Ahmed M.H. y Van Meerbeek B. (2019). Universal Adhesives Benefit from an Extra Hydrophobic Adhesive Layer When Light Cured Beforehand. *J Adhes Dent*, 21(2), pp. 179-188. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a42344>
- Bedran-Russo, A., Leme-Kraus, A., Vidal, C. y Teixeira, E. (2017). An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth–Adhesive Interface. *Dental Clinics of North America*, 61(4), pp. 713-731. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.001>
- Burrer, P., Dang, H., Par, M., Attin, T. y Tauböck, T. (2020). Article effect of over-etching and prolonged application time of a universal adhesive on dentin bond strength. *Polymers*, 12(12), pp. 1-10. <https://doi.org/10.3390/polym12122902>
- Chowdhury, A., Saikaew, P., Alam, A., Sun, J., Carvalho, R. y Sano, H. (2019). Effects of Double Application of Contemporary Self-Etch Adhesives on Their Bonding Performance to Dentin with Clinically Relevant Smear Layers. *Journal of Adhesive Dentistry*, 21(1), pp. 59-66. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41986>

- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M. y Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *Journal of Dental Research*, 4(2), pp. 118-132. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>
- Elkaffas, A., Hamama, H. y Mahmoud, S. (2018). Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 43(3). <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e29>
- Fujiwara, S., Takamizawa, T., Barkmeier, W., Tsujimoto, A., Imai, A., Watanabe, H., Erickson, R., Latta, M., Nakatsuka, T. y Miyazaki, M. (2018). Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 77, pp. 501-509. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.10.008>
- Hardan, L., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C., Devoto, W., Zarow, M., Monteiro, P., Jakubowicz, N., Zoghbi, A., Skaba, D., Mancino, D., Kharouf, N., Haïkel, Y. y Lukomska-Szymanska, M. (2023). Effect of Different Application Modalities on the Bonding Performance of Adhesive Systems to Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cells*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/cells12010190>
- Henostroza, G. (2003). Adhesión en Odontología Restauradora. *Maio*. <https://es.scribd.com/document/360686464/Adhesion-en-Odontologia-Restauradora-Gilberto-Henostroza>
- Mandri, M. N., Aguirre, A. y Zamudio, M. E. (2015). Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Revista Odontoestomatología*, 17(26), pp. 50-56. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168893392015000200006

- Nagarkar, S., Theis-Mahon, N. y Perdigão, J. (2019). Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 17(6), pp. 2121–2131. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34305>.
- Pashaev, D., Demirci, M., Tekçe, N., Tuncer, S. y Baydemir, C. (2017). The effect of double-coating and times on the immediate and 6-month dentin bonding of universal adhesives. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 28(2), pp. 169-185. <https://doi.org/10.3233/BME-171665>
- Perdigão, J. (2007). New Developments in Dental Adhesion. *Dental Clinics of North America*, 51(2), pp. 333–357. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.01.001>
- Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*, 56(1), pp. 190-207. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
- Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R. Q., Gomes, G. y Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), pp. 51-68. <https://doi.org/10.1111/jerd.12692>
- Perdigão, J. y Swift, E. J. (2015). Universal Adhesives. In *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 27(6), pp. 331-334. <https://doi.org/10.1111/jerd.12185>
- Perfil técnico del Producto Single Bond™ Universal. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1507407O/dental-ficha-tecnica-single-bond-universal.pdf>
- Rodriguez, I., Luis, O., Garcia, L., Villarreal, S., Casas, F., Guajardo, N., Alcala, A. y Soto, J. (2021). Factors influencing adhesion quality in universal adhesive systems. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 7(4), pp. 299-303. <https://doi.org/10.22271/oral.2021.v7.i4e.1385>

- Sano, H., Chowdhury, A., Saikaew, P., Matsumoto, M., Hoshika, S. y Yamauti, M. (2020). The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing. In *Japanese Dental Science Review* 56(1), pp. 24-3. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.10.001>
- Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R. y Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater*, 10, pp. 236-240. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90067-1)
- Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U. y Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologi*, 8(1), pp. 1-17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5507161/pdf/1-17.pdf>
- Triani, F., Pereira da Silva, L., Ferreira, B., Domingues, J., Teixeira, L. y Manarte-Monteiro, P. (2022). Universal Adhesives: Evaluation of the Relationship between Bond Strength and Application Strategies - A Systematic Review and Meta-Analyses. *Coatings* 12(10). <https://doi.org/10.3390/coatings12101501>
- Ugurlu, M. (2020). Effect of the double application of universal adhesives on the dentine bond strength after radiotherapy. *Australian Dental Journal*, 65(3), pp. 181-188. <https://doi.org/10.1111/adj.12744>
- Yokoyama, M., Takamizawa, T., Tamura, T., Namura, Y., Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Latta, M. A. F. y Miyazaki, M. (2021). Influence of Different Application Methods on the Bonding Effectiveness of Universal Adhesives to Dentin in the Early Phase. *J Adhes Dent*, 23(5), pp. 447-459. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b200025>

IX. ANEXOS

Anexo A. Carta de presentación al laboratorio



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 6 de julio de 2023

Ingeniero Mecánico
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología Srta. Ana Belén Olortegui Riveros, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«RESISTENCIA ADHESIVA EN DENTINA DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS
UNIVERSALES CON DIFERENTES PROTOCOLOS DE APLICACIÓN. IN VITRO»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Olortegui quien realizará el siguiente trabajo:

- ✓ *Se realizará el ensayo de microtensión para medir la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales con diferentes protocolos de aplicación.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



DR. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN
DECANO

Se adjunta: Plan de Tesis

023-2023
NT: 046259 - 2023

AAMM/Luz V.



Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ROBERT NICK
EUSEBIO TEHERAN
Ingeniero Mecánico
CIP N° 193364



Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre
e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.: 7480888 -8335

Anexo B. Cálculo de tamaño muestral

```
. sampsi 26.0 38.4, sd(5.2) sd(4.2)

Estimated sample size for two-sample comparison of means

Test H0: m1 = m2, where m1 is the mean in population 1
           and m2 is the mean in population 2

Assumptions:

      alpha = 0.0500 (two-sided)
      power = 0.9000
      m1 = 26
      m2 = 38.4
      sd1 = 5.2
      sd2 = 4.2
      n2/n1 = 1.00

Estimated required sample sizes:

      n1 = 4
      n2 = 4
```

Anexo C. Ficha de recolección de datos

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			
Sistema Adhesivo			
Grupo			
N° de aplicación de capas			
N° de especimen	Área (mm ²)	Fuerza de adhesión en N	Fuerza de adhesión en MPa
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo D. Certificado de Calibración


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LMF - 2022 - 018

Página 1 de 2

 Fecha de emisión: 2022-08-16
 Fecha de expiración: 2023-08-16
 Expediente: LMC-2022-0898

1. SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
 Dirección : Nro. 1319 Int. 116 Urb. Los Jardines de San Juan, Etapa II, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES

Marca	: LG	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.
Modelo	: CMT-5L	
Serie	: 7419	
Identificación	: No Indica	
Rango de indicación	: 5000,00 N	
División mínima	: 0,01 N	
Tipo de Ensayo	: Tracción	
Tipo de indicación	: Digital	
Procedencia	: Korea	
Ubicación	: No Indica	
Fecha de Calibración	: 2022-08-15	

3. METODO DE CALIBRACIÓN:

La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales parte 1. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

LABORATORIOS MECALAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

LABORATORIOS MECALAB S.A.C.
 Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa (%HR)	59 %HR	57 %HR

6. PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón	Identificación	Certificado de Calibración
DM-INACAL	Termohigrómetro	PT-TH-02	LH-088-2021 Cal: Septiembre
INMELAB	Juego de pesas 1 g a 2 kg / M2	PM-JM2-02	LMM-2022-018 Cal: Febrero 2022
INMELAB	Juego de pesas 5 kg, 10 kg, 20 kg / M2	PM-JM2-01	LMM-2022-024 Cal: Marzo 2022



Gerente de Metrología


 Firmado digitalmente
 por Jorge Padilla Dueñas
 Fecha: 2022.08.16
 10:05:52 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

7. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:

MEDICIÓN DE TRACCIÓN

Indicación del Patrón (N)	Indicación del Equipo (N)	Corrección (N)	Incertidumbre (N)
500,00	501,15	-1,15	2,66
1 000,00	1002,35	-2,35	3,91
1 500,00	1501,94	-1,94	6,46
2 000,00	2003,05	-3,05	9,01
2 500,00	2504,22	-4,22	14,02
3 000,00	3005,86	-5,86	18,94
3 500,00	3507,46	-7,46	17,19
4 000,00	4009,69	-9,69	15,64
4 500,00	4515,35	-15,35	18,96
5 000,00	5020,01	-20,01	21,59

Indicación del Equipo (N)	Errores Relativos				Incertidumbre Expandida U (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	
501,15	-0,23	0,28	----	----	0,53
1 002,35	-0,23	0,25	----	----	0,39
1 501,94	-0,13	0,34	----	----	0,43
2 003,05	-0,15	0,33	----	----	0,45
2 504,22	-0,17	0,40	----	----	0,56
3 005,86	-0,19	0,32	----	----	0,63
3 507,46	-0,21	0,32	----	----	0,49
4 009,69	-0,24	0,34	----	----	0,39
4 515,35	-0,34	0,23	----	----	0,42
5 020,01	-0,40	0,29	----	----	0,43

Retorno a cero f_g	0,00%
----------------------	-------

Error relativo máximo permitido según la clase de la escala de la máquina de ensayo (ISO 7500).

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero f_g (%)
0,50	± 0,5	0,50	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,00	± 1,5	0,50	± 0,1
2	± 2,0	2,00	± 3,0	1,00	± 0,2
3	± 3,0	3,00	± 4,5	1,50	± 0,3

8. OBSERVACIONES:

- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta está basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

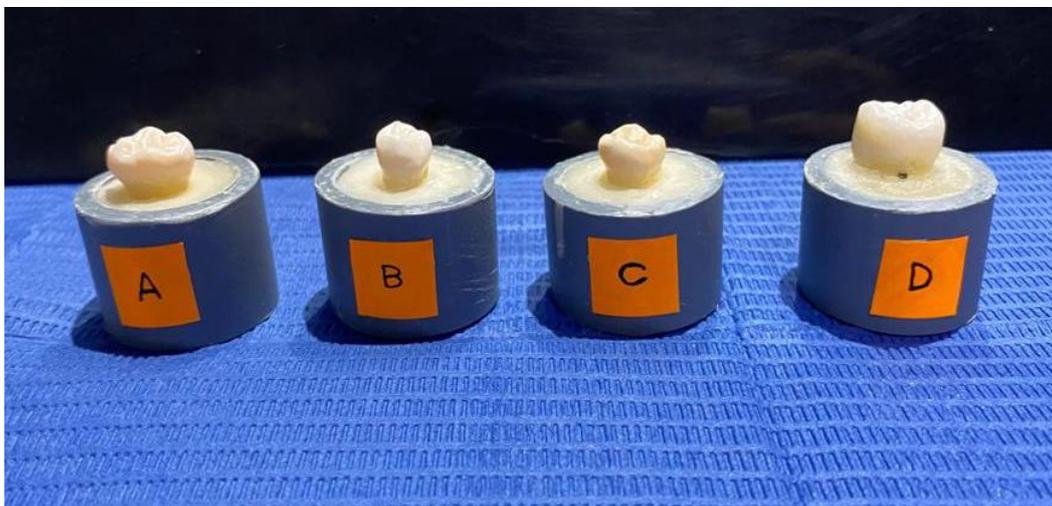
9. CONCLUSIONES:

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo se encuentra **calibrado** debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.

FIN DEL DOCUMENTO

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

Anexo E. Selección y preparación de los especímenes en tubos de PVC



Anexo F. Corte del esmalte oclusal para exponer la dentina hasta 4mm por encima de la línea amleocementaria.



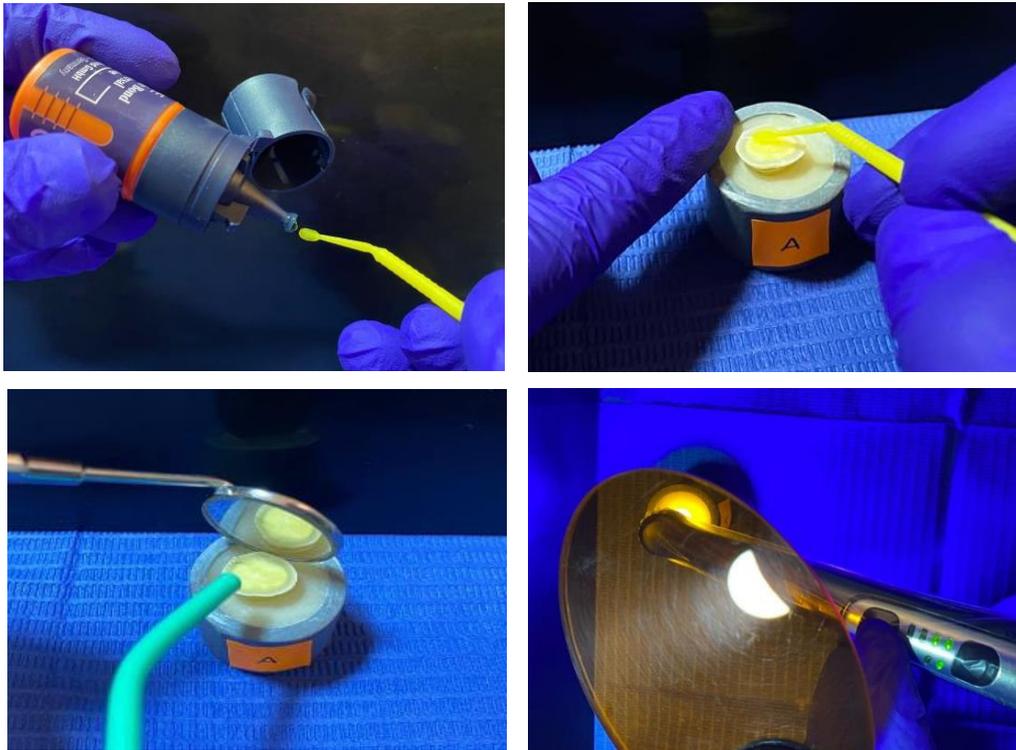
Anexo G. Sistemas adhesivos y sus grupos de estudio.



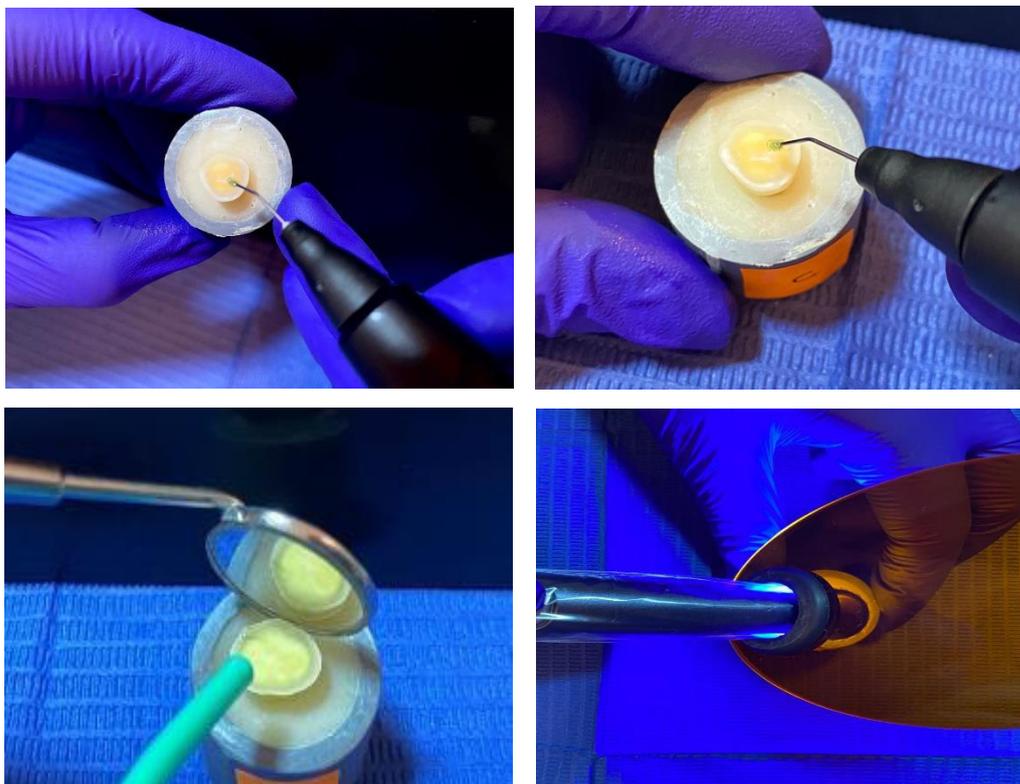
Anexo H. Material utilizado para la aplicación de los protocolos de adhesión.



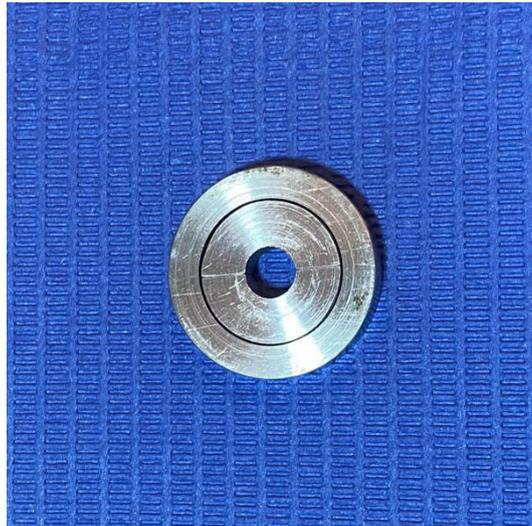
Anexo I. Aplicación del sistema adhesivo Single Bond Universal en su modo autograbado con el protocolo de 1 capa y 2 capas (Grupo A y B).



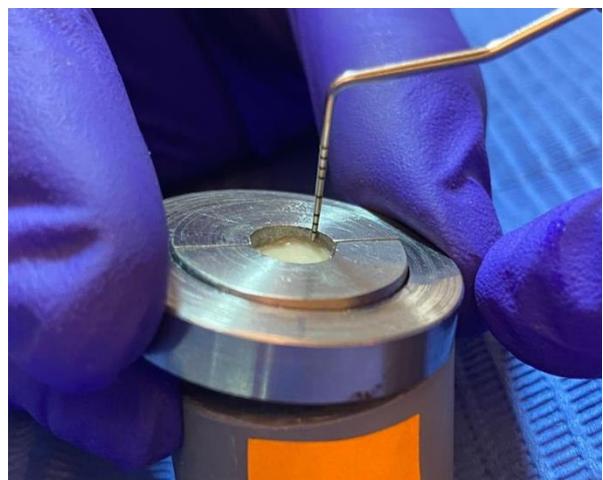
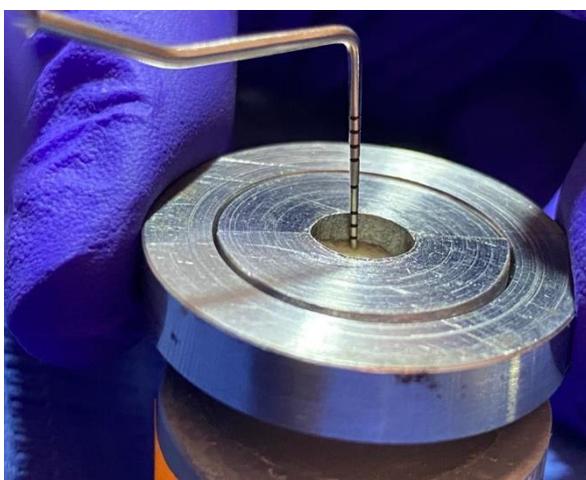
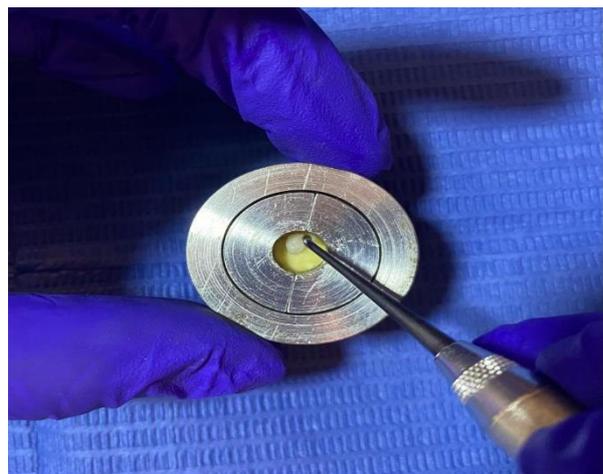
Anexo J. Aplicación del sistema adhesivo Tetric N- Bond Universal en su modo autograbado con el protocolo de 1 capa y 2 capas (Grupo C y D).



Anexo K. Dispositivo metálico de 5mm de altura para la confección del cubo de resina.

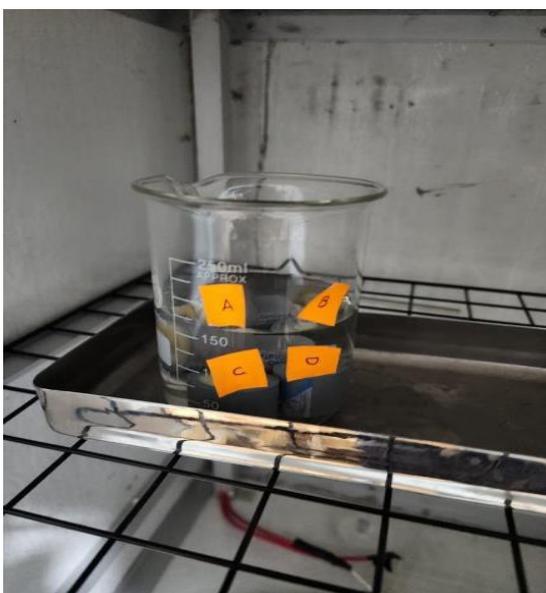


Anexo L. Elaboración del cubo de resina 3M Filtek™ Z350 XT de 5mm con técnica incremental para todos los grupos.





Anexo M. Almacenamiento de las muestras en agua destilada por 24 horas a 37°C.



Anexo N. Obtención de los especímenes en forma de varillas con la máquina de corte tipo Dremel de 1 mm² aproximadamente.



Anexo O. Especímenes sometidos a la prueba de microtensión empleando la máquina de ensayo universal (CMT – 5L).



Anexo P. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
¿Existirán diferencias entre la resistencia adhesiva en dentina utilizando dos sistemas adhesivos universales con diferentes protocolos de aplicación?	<p>Objetivo General</p> <p>- Comparar la resistencia adhesiva en dentina de dos sistemas adhesivos universales: Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) con diferentes protocolos de aplicación.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>- Evaluar la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo: Single Bond™ Universal (3M ESPE) entre los protocolos de 1 capa y 2 capas de adhesivo.</p> <p>- Evaluar la resistencia adhesiva en dentina del sistema adhesivo: Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar) entre los protocolos de 1 capa y 2 capas de adhesivo.</p>	<p>Existe diferencia entre la resistencia adhesiva aplicando el protocolo de 1 capa y 2 capas usando los sistemas adhesivos Single Bond™ Universal (3M ESPE) y Tetric® N-Bond Universal VivaPen® (Ivoclar).</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>- Resistencia adhesiva</p> <p><i>Indicador:</i> Test de microtensión mediante la Máquina digital de Ensayo Universal CMT-5L</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>- Protocolo de aplicación según la cantidad de capas <i>Indicador:</i> Según protocolo del fabricante: 1 capa. Según protocolo experimental: 2 capas.</p> <p>- Sistema adhesivo</p> <p><i>Indicador:</i> Marca comercial</p>	<p>Tipo de estudio: Experimental <i>in vitro</i>, prospectivo, transversal, comparativo</p> <p>Ámbito temporal y espacial: Laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. en el año 2023.</p> <p>Población y muestra: 10 varillas de resina-dentina por grupo con un área de 1mm² aproximadamente, fabricadas a partir de terceras molares humanas.</p> <p>Análisis de datos: Los datos se exportaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel para su posterior análisis estadístico utilizando un software estadístico Stata v17.0. Se realizó un análisis descriptivo y se obtuvo frecuencias absolutas y relativas de las variables cualitativas, para las variables cuantitativas se describieron la media o mediana y desviación estándar o rango intercuartílico, según la distribución de los datos. Cada grupo fue sometido a la prueba de normalidad para ver la distribución de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$). Se realizó un análisis univariado mediante los cálculos de la media y la desviación estándar. Para hallar la diferencia y comparar los valores promedios en los diferentes grupos se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación múltiple la prueba de Tukey con una significancia de $p < 0.001$.</p>