

# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de estomatología  
División de estudios de posgrado  
Maestría en Estomatología con opción terminal en *Rehabilitación Oral*



## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN ESTOMATOLOGÍA CON TERMINAL EN REHABILIACIÓN ORAL

“COMPARACIÓN DE LA FUERZA DE ADHESIÓN CON DISTINTOS TIEMPOS DE  
MADURACIÓN DE LA CAPA HÍBRIDA DE ADHESIVO UNIVERSAL CON RESIN  
COATING Y RESINA COMPUESTA”

### Presenta:

Estefanía Leal Castro  
Matrícula: 223450019

### Director de tesis

L.E.E.P.B.I. Jesús Gámez Calderón  
ID 100464266

### Director disciplinario

M.E.I. Guillermo Franco Romero  
ID 100294988

### Directora metodológica

D.C. María de los Angeles Moyaho Bernal  
ID 100289266

### Asesor externo

Mtro. Mauricio Ubaldo Elías Trevizo

### Lector

D.C. Abigail Flores Ledesma  
ID 100324622

Puebla, Puebla. Abril del 2025





Oficio No. FESIEP/CIFE/023/2025

C. Estefanía Leal Castro  
Estudiante de la Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Rehabilitación Oral  
Matrícula No.: 223450019  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, en mi doble calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado y Presidenta del Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; aprovecho para felicitarla por el avance significativo en su proceso académico. En atención a su solicitud, me permito notificarle que su tesis titulada:

"Comparación de la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida de adhesivo universal con resina compaña y resina compuesta"

ha recibido la aprobación oficial para su impresión.

Su trabajo ha sido registrado en el Libro de Registros No. 08, página 01, con el No. de Asignación 2023217 quedando debidamente documentado en esta Secretaría de Investigación. Esta tesis será presentada como parte del procedimiento para su examen profesional, necesario para obtener el grado de Maestría en Estomatología.

Próximos pasos:

1. *Impresión de la tesis:* Proceda con los trámites de impresión conforme a los lineamientos establecidos por la Facultad.
2. *Revisión del documento:* Asegúrese de que el texto cumpla con los estándares académicos y formales.
3. *Coordinación del examen profesional:* Comuníquese con el Responsable de la Etapa Terminal de la Maestría de su elección para programar su examen de grado y gestionar los trámites administrativos correspondientes.

Le recordamos que el cumplimiento de los plazos y requisitos establecidos es fundamental para garantizar la fluidez del proceso.

Reconocimiento y mensaje final:

Este logro refleja su esfuerzo, dedicación y el impacto de su investigación en el ámbito de la Estomatología. Le felicitamos por este avance significativa y confiamos en que continuará demostrando su compromiso académico y profesional.

Para cualquier consulta o información adicional, no dude en comunicarse con nosotros. Estamos a su disposición para acompañarla en esta etapa crucial de su formación.

Sin otra particular, le reitera mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxitos en la etapa final de esta carrera académica.

*A t e n t a m e n t e*

*"Pensar bien, para vivir mejor"*

H. Puebla de Z., a lunes 24 de febrero del 2025

MPP. Grete Nataly Rubín de Celis Quintana  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología

\*Nota: Se anexa Formato de Impresión de Tesis - C. Estefanía Leal Castro - Maestría en Estomatología - Terminal en Rehabilitación Oral - S.I.E.P. - Facultad de Estomatología - BUAP (origina) - p.a.c.y.a.  
C.e.p. Archivo  
\*C.D. J.M.A./M.P. G.M.R.C./y.m.m.m



Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
31 poriente 1304, Col. Volcanes  
Puebla, Pue.  
C.P. 72410  
Tel. Of. 22'22 29 55 00  
Ext. 5526

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**  
**SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: **Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Rehabilitación Oral**.

No. Registro CIFE: 2023218, Fecha de Registro ante CIFE: jueves 7 de septiembre del 2023.

**Título de la Tesis:** "Comparación de la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida de adhesivo universal con resina continúa y resina compuesta".

**Nombre del estudiante:** Estefanía Leal Castro.

**Matrícula:** 223450019.

**Domicilio:** Av. Misión Viejo 2385 Villa Colonial, Mexicali, B.C.

**Tel:** 68\*62 40 95 80.

**Fecha de ingreso a la Facultad:** lunes 05 de enero del 2023.

**Firma:** 

**Director de Tesis:** CDEE. Jesús Gámez Calderón. **Grado académico:** Especialista en Prótesis Bucal e Implantología.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100464266.

**Tel:** 22\*25 64 06 18.

**Firma:** 

**Director Disciplinario:** MEI. Guillermo Franco Romero. **Grado académico:** Maestría en Estomatología Integral.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100294988.

**Tel:** 22\*22 12 06 57.

**Firma:** 

**Director Metodológico:** DC. María de los Ángeles Mayago Bernal. **Grado académico:** Doctora en Ciencias.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100289266.

**Tel:** 22\*22 78 88 41.

**Firma:** 

**Lector:** DC. Abigail Flores Ledesma.

**Grado académico:** Doctora en ciencias con terminación en biomateriales.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100324622

**Tel:** 55\*37 37 66 11.

**Firma:** 

**Nombre y firma de aprobación del Responsable de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Rehabilitación Oral.**

MEI. Guillermo Franco Romero

**Firma:** 

**La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.**

  
MEP. Gisela Nataly Rubín de Celis Quintana



**Fecha actual:** lunes 24 de febrero del 2025.

**Sello**



Constancia No. FESIEP/CIFE/146/2023

**BUAP**

CDEE. Jesús Gómez Calderón  
Responsable del Proyecto de Investigación  
Facultad de Estomatología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Sino este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; hace constar que, el Proyecto de Investigación (Colectivo):

"Comparación de la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida de adhesivo universal con resina coating y resina compuesta".

Presentado por:

No.	Cargos	Nombres	ID - Matriculas
1	Responsable del Proyecto:	CDEE. Jesús Gómez Calderón	100464266
2	Director Metodológico:	MEI. Guillermo Franco Romero	100294988
3	Director Disciplinario:	DC. María de los Angeles Mayaba Bernal	100294988
4	Asesor Externo:	Dr. Mauricio Ubaldo Elías Treviño Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)	S/N
5	Alumno de Maestría: Teminal de Rehabilitación Oral	C. Estefanía Leal Castro	223450019

ha sido ACEPTADO, y quedara registrada en esta Secretaría de Posgrado, en el libro de registros C.I.F.E. No. 08, en la hoja No. 01 y con registro No. 2023218

Para los fines legales que las interesadas convengan, y sin otra particular, reitero a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

*Atentamente*

"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Z., 07 de septiembre de 2023

  
M.C. Furid Allansa Dipp Velázquez  
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



C.c.p. Archivo  
\*INTRO. F.MA/DR.FADU/\*\*\*\*\*

Facultad  
de Estomatología

31 Poniente 1304, Col. Volcanes,  
Puebla, Pue. C. P. 72410  
01 (222) 229 55 00 Ext. 6400

## 10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe




- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

---

### Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

# EVIDENCIA DE PRODUCTOS ACADÉMICOS DERIVADOS DEL PROYECTO



25 de Septiembre de 2024

**Apreciable Autor,**

Tenemos el placer de informarle de que su contribución **ID-1122** con el título **La fórmula secreta de los adhesivos dentales ¿Qué son y cómo funcionan?** ha sido **Aceptado para ser publicado** en nuestra revista de divulgación.

A continuación se enlistan los autores de la publicación.

- 1) Estefanía Leal Castro
- 2) Jesús Gámez Calderón
- 3) Guillermo Franco Romero
- 4) María de los Angeles Moyaho Bernal

Felicitaciones por su excelente trabajo y su esfuerzo para divulgar la **Ciencia y Naturaleza**

Atentamente,

  
Editor en Jefe  
Revista **Ciencia y Naturaleza**  
[www.revistacyn.com](http://www.revistacyn.com)

## AGRADECIMIENTOS

Le doy las gracias **a mis papás**, por alentarme en todo momento y ser mi motor siempre. Por su apoyo incondicional desde el inicio de esta aventura, por estar siempre pendientes a la distancia, por sus muestras de cariño, sus consejos y su amor. Gracias por creer en mi y siempre darme palabras de aliento, los amo mucho y agradezco mucho tenerlos como mis pilares.

**A mis hermanas**, Montserrat y Graciela muchas gracias por apoyarme y darme ánimos en este camino. Gracias por su cariño y amor, por apoyarme y estar siempre a mi lado. Estoy muy orgullosa de ustedes y las amo.

A toda mi **familia**, mis tíos, tías, primas y primos, abuelos, por alentarme en todo momento. En especial a mi prima Yumiko por brindarme un hogar lejos de mi casa, y hacerme sentir en familia en estos dos años.

**A mis maestros**, el Doctor Guillermo Franco, por siempre querer lo mejor para mi y hacerme crecer y creer en mí. A la Dra. Angeles Moyaho, por guiarme y por todos sus conocimientos para poder llevar a cabo este proyecto. Al Doctor Jesús Gámez, por contagiar esa pasión por la odontología y por transmitir su conocimiento. A la Dra. Abigail Flores, por apoyarme y guiarme cuando lo necesitaba. A la Dra. Ana Ley, por ser una amiga y consejera, además de una maestra.

**A mis amigos y compañeros** Mónica Antonio, Juan Carlos, Mayra Muro, Mónica Alejandra, Otmar Antonio y Diego Valderrain, quienes se convirtieron en mis amigos incondicionales durante este trayecto. Gracias por las risas, comidas compartidas, viajes y momentos divertidos que siempre llevaré en mi corazón. Gracias a mis amigos Dulce, Melissa, Ariel, Luis, Dani, Diana, Mariana, Abril, que en la distancia siempre me daban ánimos y me apoyaban cuando los necesitaba.

Y sobre todo, gracias a **Dios** por ponerme en el camino a personas increíbles que me acompañaron y guiaron para poder culminar este proyecto. Gracias Dios por permitirme lograr cumplir esta meta y por darme vida y salud para llegar a este momento.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. Resumen y palabras clave</b> .....	12
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>3. ANTECEDENTES</b>	
<b>3.1 Antecedentes generales</b>	
3.1.1 Tejidos del diente.....	15
3.1.2 Adhesión.....	16
3.1.3 Adhesivos.....	17
3.1.4 Adhesivos universales.....	20
3.1.5 Capa híbrida.....	22
3.1.6 Resin coating.....	23
3.1.7 Desacople con el tiempo.....	24
<b>3.2 Antecedentes específicos</b> .....	26
<b>4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> ....	30
<b>5. JUSTIFICACIÓN</b> .....	31
<b>6. HIPÓTESIS</b> .....	32
<b>7. OBJETIVOS</b>	
7.1 Objetivo general.....	33
7.2 Objetivos específicos.....	33
<b>8. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
8.1 Diseño del estudio.....	34
8.2 Población y muestra.....	34
8.3 Criterios de selección	
8.3.1. Inclusión.....	34
8.3.2 Exclusión.....	34
8.3.3 Eliminación (en su caso).....	34
8.4 Variables.....	35
8.5 Concordancia y fiabilidad.....	36
8.6 Ubicación espacio-temporal.....	36
8.7 Procedimientos, técnicas y fuentes de recolección.....	36

8.8 Análisis estadístico.....	42
<b>9. RESULTADOS</b>	
9.1 Fuerza de adhesión.....	43
9.2 Tipos de falla.....	46
9.3 Caracterización de la superficie después de las pruebas de fuerza de adhesión mediante microscopio electrónico de barrido.....	48
<b>10. DISCUSIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>11. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>12. ALCANCES DEL ESTUDIO.....</b>	<b>56</b>
<b>13. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>14. ANEXOS</b>	
14.1 Consentimiento informado.....	61
14.2 Instrucciones de uso adhesivo Optibond Universal.....	62
14.3 NORMA ISO11405 (2015).....	63

## Índice de tablas

Tabla 1: Componentes principales de los sistemas adhesivos.....	17
Tabla 2: Clasificación por generación de adhesivos.....	18
Tabla 3: Clasificación de adhesivos actuales.....	19
Tabla 4: Estadística descriptiva prueba de adhesión.....	43
Tabla 5: Comparación en los grupos de estudio.....	45
Tabla 6: Comparación entre los grupos de estudio.....	45
Tabla 7: Frecuencia y porcentajes de tipos de falla por grupo.....	47

## Índice de figuras

Figura 1: Formación de la capa híbrida.....	22
Figura 2: Esquemmatización de la técnica "resin coating.....	23
Figura 3: Esquemmatización de formación de microgap.....	25
Figura 4: Montaje de las muestras.....	37
Figura 5: Acondicionamiento de las muestras.....	39
Figura 6: Colocación del composite de resina.....	40
Figura 7: Evaluación de la fuerza de adhesión.....	41
Figura 8: Tipos de fallas.....	46
Figura 9: Superficies de las muestras según el tipo de falla.....	49

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Media por grupos.....	44
Gráfico 2: Gráfico dispersión de datos.....	44

## 1. Resumen y palabras clave

*Introducción:* Los universales ofrecen características como versatilidad, practicidad y eficacia. El desacople con el tiempo es una estrategia adhesiva que permite madurar la capa híbrida para favorecer la adhesión, pero es poco empleada y genera dudas sobre su empleo. No existe actualmente un protocolo restaurador estandarizado que resalte las virtudes de los adhesivos universales, creando de esta manera, dudas en los odontólogos acerca de su uso.

*Objetivo:* Comparar la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida (0 minutos, 5 minutos y 10 minutos) del adhesivo universal *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) con resín coating y resina compuesta, y determinar los tipos de fallas en microscopio óptico y electrónico de barrido.

*Materiales y métodos:* se emplearon 60 terceros molares como muestras, en 4 grupos: grupo 1 (inmediato), grupo 2 (5 minutos), grupo 3 (10 minutos) y grupo 4 (control). Las muestras fueron recortadas para exponer dentina, se realizó el acondicionamiento adhesivo de acuerdo con los tiempos de desacople en cada grupo, y aplicando resín coating en todos los grupos, a excepción del grupo 4 (control). Se midió la fuerza de adhesión a la microtracción en una máquina universal de pruebas y se determinaron los tipos de falla.

*Resultados:* El valor más alto de adhesión que se obtuvo fue de 19.7 MPa, en el grupo 2 (5 minutos), mientras que el valor más bajo fue de 4.4 MPa, dentro del grupo 4 (control), encontrando una diferencia estadísticamente significativa ( $p= .041$ ) entre ellos. El tipo de falla más frecuente en el grupo 1 (inmediato) y 4 (control) fue adhesiva, y en el grupo 2 (5 minutos) y 3 (10 minutos) mixta.

*Conclusiones:* La fuerza de adhesión es mayor con un tiempo de maduración de la capa híbrida de 5 minutos del adhesivo *Optibond Universal* con resín coating y resina compuesta. El resín coating favorece la fuerza de adhesión y los tipos de falla.

**Palabras clave:** Adhesivo universal, resín coating, desacople con el tiempo.

## 2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una amplia variedad de sistemas adhesivos que pueden ser utilizados en los tratamientos dentales. Cada uno de los sistemas adhesivos tiene especificaciones e indicaciones distintas, por lo cual se usan en distintos escenarios clínicos. Dentro de ellos se encuentran los adhesivos universales, los cuales son considerados una opción práctica y versátil, ya que pueden ser empleados de acuerdo con el criterio del clínico, ya sea con una estrategia de grabado y enjuague o de autograbado. Asimismo, son una alternativa que simplifica y minimiza los tiempos de trabajo clínico, ya que todos los componentes se encuentran en una sola botella, por lo cual se considera que también presentan una técnica menos sensible a errores por parte del clínico.

Se ha encontrado que, al aplicar una capa de resina fluida, los adhesivos universales se benefician. Al aplicar la resina fluida se aumenta el grosor de la capa y se obtiene una superficie más uniforme, así como también se aumenta la unión adhesiva de la capa híbrida que se forma. Sin embargo, a pesar de que los adhesivos universales presentan múltiples ventajas, hay algunos aspectos en la técnica de empleo y su manejo que no han sido estandarizados, lo cual puede influir de una manera negativa o positiva en la adhesión. Uno de estos aspectos es el tiempo en el cual se inicia a fotopolimerizar la resina compuesta, lo cual se traduce en permitir madurar o no la capa híbrida. Esto, debido a que según el tiempo que transcurra antes de iniciar a aplicar la primera capa de resina compuesta, se pueden obtener diferentes valores de adhesión.

El uso de los adhesivos universales es distinto según el criterio de cada odontólogo, existiendo distintos protocolos de trabajo, lo cual lleva a obtener variaciones en la unión adhesiva. Esto se traduce en que las restauraciones puedan presentar fallos y por ende llevar al fracaso clínico. Es por lo anterior mencionado que en el presente trabajo de investigación se pretende comparar distintos tiempos de maduración de la capa híbrida, es decir, el tiempo de espera que transcurre desde la aplicación del adhesivo y resin coating hasta la aplicación de la primera capa de resina compuesta. El propósito final de encontrar un tiempo de maduración de la capa híbrida es que se pueda implementar un

protocolo clínico de trabajo estandarizado para todos los odontólogos, así como también destacar las características y cualidades de los adhesivos universales. Esto, con el objetivo final de obtener la mayor fuerza adhesiva posible para brindar tratamientos de calidad a los pacientes y extender el tiempo de vida de las restauraciones.

## 3. ANTECEDENTES GENERALES

### 3.1 Antecedentes generales

#### 3.1.1 Tejidos del diente

El diente está conformado estructuralmente por diferentes tejidos, los cuales presentan características específicas. El esmalte, dentina y cemento conforman los tejidos duros, mientras que la pulpa es un tejido especializado que brinda una función sensitiva y de protección.<sup>1,2</sup> De todos los tejidos por los cuales está compuesto el diente, el esmalte y dentina son aquellos a los cuales se adhieren los materiales de restauración, por lo que es necesario conocer y comprender su estructura y composición.<sup>3</sup>

El tejido más duro del organismo, el esmalte, es de origen ectodérmico y se encuentra cubriendo la corona del diente. El grosor del esmalte es distinto dependiendo su ubicación, siendo mayor en las áreas oclusales e incisales. En su mayoría (90 a 92%) está compuesto por materia inorgánica, la cual está conformada por cristales de hidroxiapatita, en un menor porcentaje (4 a 12%) tiene contenido de agua y el restante (1 a 2%) es materia orgánica.<sup>2</sup> El esmalte está formado de una manera organizada, conformada por prismas del esmalte, los cuales presentan una orientación perpendicular a la unión amelodentinaria.<sup>2</sup> Estas características lo convierten en un sustrato ideal y fácil de lograr una óptima unión adhesiva.<sup>3</sup>

Por otro lado, la dentina es un tejido más húmedo, ya que se encuentra conformado por un mayor porcentaje de agua (10%) en comparación con el esmalte, así como también una mayor cantidad de materia orgánica (20%), y una menor cantidad de materia inorgánica (70%).<sup>3,4</sup> Su matriz orgánica está conformada en su mayoría por colágeno tipo I (90%).<sup>1</sup> Al estar formada por túbulos dentinarios, presenta una estructura compleja, ya que dichos túbulos aumentan su diámetro y número conforme se acercan a la pulpa. Los túbulos dentinarios son unos canales de pequeño tamaño que se encuentran infiltrados por fluido dentinario, lo cual convierte a la dentina en un tejido altamente permeable.<sup>2-4</sup> Por las características y particularidades de la dentina, es el tejido con mayor dificultad

para lograr una adhesión favorable.<sup>3</sup> La dentina se origina del mesodermo y es el tejido con mayor volumen del diente.<sup>1,4</sup> Su estructura es compleja, con distintas características según su ubicación y origen. La dentina se divide en: unión esmalte-dentina, dentina del manto, dentina primaria, dentina secundaria y dentina terciaria.<sup>4</sup>

### 3.1.2 Adhesión

La adhesión es un proceso que se lleva a cabo a través de una atracción entre materiales que pueden ser similares o no, por medio de procesos mecánicos, químicos o por fuerzas intermoleculares.<sup>1</sup> La adhesión al diente se puede llevar a cabo mediante distintos mecanismos: 1) mecánicos: penetración del material mediante tags de resina en el sustrato dentario, 2) absorción: adhesión química a la estructura, ya sea orgánica o inorgánica del diente, 3) difusión: precipitación del material hacia el sustrato dentario ya sea químicamente o mecánicamente, y, 4) una combinación de éstos mecanismos.<sup>2</sup> En los procedimientos clínicos dentales se adhieren o unen dos sustratos: el órgano dentario y el material de restauración, mediante un material adhesivo<sup>1</sup>, el cual es un material viscoso y fluido que une estos sustratos al transferir una carga de una superficie a otra.<sup>2</sup>

Se obtiene una adhesión de distinta forma según el sustrato al cual se adhiera el material restaurador, por lo que es necesario conocer y comprender la naturaleza de los tejidos dentarios. La adhesión consiste en el reemplazo del material inorgánico del diente por monómeros resinosos, los cuales están contenidos en el adhesivo y que posteriormente son polimerizados.<sup>5</sup>

#### *Adhesión en esmalte*

La técnica de grabado ácido es necesaria para lograr adhesión en esmalte. Esta técnica fue introducida por Buonocore a principios de los años 50s. El ácido puede penetrar fácilmente dentro del esmalte debido a su estructura organizada de cristales de hidroxiapatita. El esmalte adquiere una superficie irregular y porosa por la acción y penetración del ácido y se obtiene una alta energía superficial, disolviendo la

hidroxiapatita y creando microporosidades que favorecen la retención mecánica del material adhesivo.<sup>2,5</sup>

### *Adhesión en dentina*

La adhesión en la dentina es un proceso menos predecible y más complejo, debido a la naturaleza de su composición. Los materiales adhesivos interactúan con la dentina de distintas maneras: 1) mecánicamente, 2) químicamente o 3) una combinación de ambas.<sup>2</sup> Mediante el grabado ácido, se desmineraliza la materia inorgánica de la dentina, se abren los túbulos dentinarios y se exponen las fibras de colágeno. Al aplicar el material adhesivo se crean interdigitaciones o "tags de resina", logrando de esta manera una unión mecánica fuerte.<sup>5,6</sup> Después de incorporar en la odontología adhesiva el grabado ácido se buscó durante años la creación de adhesivos que omitan dicho paso en dentina, obteniendo la adhesión químicamente y se obtuvieron resultados favorables.<sup>6</sup>

### 3.1.3 Adhesivos

#### *Composición*

Los sistemas adhesivos están compuestos por 3 elementos principales: ácido, primer y agente adhesivo,<sup>7,8</sup> ver (Tabla 1).

**Tabla 1.** Componentes principales de los sistemas adhesivos

<b>Ácido</b>	<b>Primer</b>	<b>Agente adhesivo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido fosfórico (35%-37%).</li> <li>• Crea porosidades en esmalte y dentina (hasta 7.5 micrones) para formar los tags de resina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuesto de monómeros hidrofílicos.</li> <li>• Se incorporan solventes que permiten que el material fluya en la dentina: acetona, etanol o agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un enlace entre el primer hidrofílico y el material resinoso hidrofóbico.</li> <li>• Compuesto por: monómeros resinosos, solventes orgánicos, iniciadores, inhibidores, partículas de relleno.</li> </ul>

Tomado y modificado de: Migliau et al., 2017; Van Landuyt et al., 2007.

## Clasificación

Los adhesivos se clasifican de distintas formas: 1) según su generación: mediante un orden cronológico de acuerdo con el momento en que fueron incorporados al mercado, 2) según su interacción con el sustrato o mecanismo de adhesión y 3) según su empleo o número de pasos clínicos.<sup>6,7</sup>

### Clasificación por generación

Los sistemas adhesivos han sufrido modificaciones con el objetivo de simplificar los pasos clínicos reduciendo el número de pasos clínicos y botellas empleadas, para lograr un tratamiento más rápido y eficaz,<sup>9</sup> ver (Tabla 2).

**Tabla 2.** Clasificación por generación de adhesivos












Generación	Características	Pretratamiento de la superficie
<b>Primera</b> (1956) 1-3 MPa	El ingrediente activo que contenían era ácido glicerofosfórico dimetacrilato (GPDM).	Grabado ácido en esmalte
<b>Segunda</b> (1970-1980) 5-6 MPa	Se sintetizaron monómeros que interactuaran con los componentes inorgánicos e inorgánicos.	Grabado ácido en esmalte
<b>Tercera</b> (Principios 1980s) 12-15 MPa	El grabado ácido se implementó por primera vez en dentina para remover el barrillo dentinario.	Grabado ácido en dentina
<b>Cuarta</b> (1980-1990) 25 MPa	Se aplican de manera individual y secuencial los 3 componentes. Es considerado el "estándar de oro".	Grabado ácido total
<b>Quinta</b> (1990) 25 MPa	Compuesto por dos pasos, que combina el primer y adhesivo en una botella y se aplica el grabado ácido.	Grabado ácido total
<b>Sexta</b> (1990-2000) 20 MPa	Adhesivo autograbante de dos pasos que combina el ácido y primer, seguido del adhesivo resinoso.	Autograbado
<b>Séptima</b> (1999-2005) 25 MPa	Adhesivos autograbantes de un solo paso. El ácido, primer y adhesivo se encuentran en una misma botella.	Autograbado
<b>Octava</b> (2010) +30 MPa	Considerados sistemas "universales".	Utilizado según el criterio del dentista: grabado y enjuague, autograbado o grabado selectivo.

Tomado y modificado de: Van Landuyt et al., 2007; Van Meerbeek et al., 2020.

*Clasificación por interacción con el sustrato y número de pasos clínicos*

Actualmente, los sistemas adhesivos se clasifican de acuerdo con su interacción con el sustrato, específicamente con la capa de barrillo dentinario y según el número de pasos clínicos realizados,<sup>6</sup> ver (Tabla 3). La capa de barrillo dentinario o también conocida como "smear layer" está formada por los restos de hidroxiapatita y colágeno creados al preparar la cavidad con un instrumento rotatorio. Se denomina "smear plugs" a aquellos restos del barrillo que llegan a obstruir los túbulos dentinarios.<sup>7</sup>

**Tabla 3.** Clasificación de adhesivos actuales

<b>Grabado y enjuague</b>	<b>3 pasos</b>  +  <b>Primer</b> +  <b>Adhesivo</b>
	<b>2 pasos</b>  +  <b>Primer + adhesivo</b>
<b>Autograbado</b>	<b>2 pasos</b>  <b>Primer autograbante</b> +  <b>Adhesivo</b>
	<b>1 paso</b>  <b>Adhesivo autograbante</b>
<b>Universales</b>	<b>2 pasos</b>  +  <b>Adhesivo UNIVERSAL autograbante</b>
	<b>1 paso</b>  <b>Adhesivo UNIVERSAL autograbante</b>

Tomado y modificado de Miyazaki et al., 2014; Van Meerbeek et al., 2020.

Dentro del sistema de grabado y enjuague se usa el ácido grabador para remover el barrillo dentinario. Según el número de botellas y la distribución de sus componentes, puede considerarse un sistema de 2 ó 3 pasos clínicos, según si el primer y el adhesivo están en una misma botella o separados.<sup>5</sup> El sistema de 3 pasos consiste en: 1) ácido grabador que es enjuagado, 2) primer con monómeros hidrofílicos suspendidos en un solvente, y 3) el material adhesivo.<sup>2</sup> Por otro lado, el sistema de dos pasos consiste en: 1) ácido grabador que es enjuagado y 2) primer y adhesivo dentro de una misma botella.<sup>6</sup>

Los sistemas de autograbado son sistemas que no usan el ácido grabador. Se incorporan monómeros ácidos en el primer o en el adhesivo autograbante.<sup>7</sup> Con este sistema se incorpora el barrillo dentinario dentro de la interfase adhesiva, ya que no es removido con el ácido.<sup>3</sup> Se clasifican según su nivel de pH en: 1) muy leve (pH  $\geq$  2.5), 2) leve (pH  $\approx$  2), 3) fuerte intermedio (pH 1-2) y 4) fuerte (pH  $<$ 2).<sup>3,6</sup>

Los adhesivos universales fueron introducidos aproximadamente en el año 2010, con el objetivo de simplificar los pasos e incorporar un sistema adhesivo versátil en el que el odontólogo elige la estrategia adhesiva. Se puede emplear la estrategia de grabado y enjuague, autograbado o grabado selectivo, según la decisión y criterio del clínico.<sup>3</sup> Se diferencian de los adhesivos autograbantes de un solo paso debido a la incorporación del monómero ácido funcional metacriloxidecilfosfato dihidrogenado (MDP).<sup>3,6</sup>

#### 3.1.4 Adhesivos universales

También conocidos como "multimodo", fueron introducidos en el mercado en el año 2010, siendo la 8va generación. Estos adhesivos llevan el nombre de universales debido a que pueden ser utilizados de todas las formas, y de acuerdo con la decisión del clínico: 1) grabado y lavado, 2) autograbado y 3) grabado selectivo. Esto se logra gracias a su composición, dentro de la cual incluyen monómeros funcionales, como el MDP o glicerofosfato dimetacrilato (GPDM), los cuales interactúan con los iones de calcio de la hidroxiapatita. Asimismo, debido a que su pH es leve, puede aplicarse el grabado previo del tejido dentario, en caso de decidir utilizarlos en modo de grabado y lavado.<sup>9-12</sup>

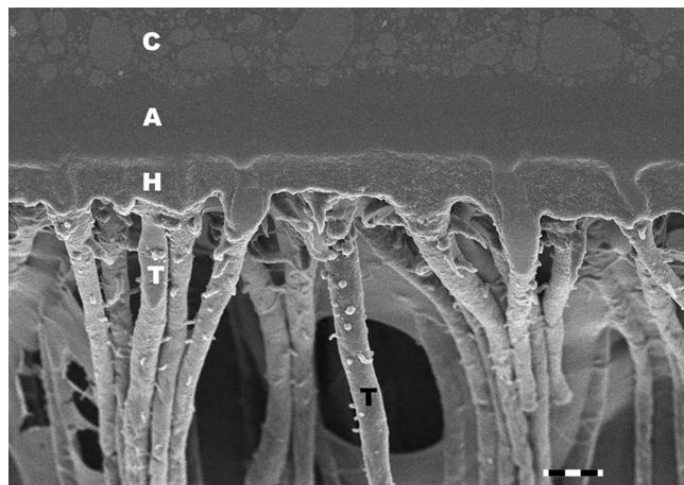
Algunas ventajas descritas de los adhesivos universales son que combinan en una sola botella todos los componentes, lo cual optimiza los tiempos de trabajo. Asimismo, su uso es fácil, logrando una técnica con baja sensibilidad a errores, ya que se simplifican y reducen los pasos de trabajo. Son una opción versátil, ya que pueden ser empleados en una amplia variedad de procedimientos. Los adhesivos universales pueden emplearse para restauraciones directas, como barniz en cementos de ionómero de vidrio, como primers para la zirconia, cementación de postes, cerámicas vítreas, resinas indirectas, entre otros. Asimismo, pueden emplearse para reparar restauraciones preexistentes de cerámica, metal y resina.<sup>3,9,13</sup>

Por otro lado, los adhesivos universales presentan desventajas a considerar. Una de ellas, es la degradación de la capa híbrida, sobre todo al emplearse en modo de grabado y lavado, en donde se forma una capa híbrida de 3 a 5  $\mu\text{m}$ . En este caso, la degradación de dicha capa se debe a la combinación de componentes hidrofílicos y a una incompleta infiltración de los monómeros en las fibras de colágenos grabadas. La degradación de la capa híbrida, por consecuencia, lleva a caries secundarias, filtración marginal y desalojo de las restauraciones.<sup>9,10,14</sup>

Si los adhesivos son empleados en modo de autograbado se forma una capa híbrida de 1  $\mu\text{m}$ ., y se basa en emplear un grupo ácido funcional que graba y simultáneamente infiltra la dentina. Este modo tiene menor rendimiento en esmalte, por lo cual se recomienda realizar un grabado selectivo de éste. Sin embargo, este modo de empleo presenta potencial debido a que se logra una unión química por la presencia del monómero funcional.<sup>9,15</sup>

### 3.1.5 Capa híbrida

Fue descrita por Nakabayashi, Kojima y Masuhara en el año 1982. También se le conoce como "zona de interdifusión de resina". La capa híbrida se forma al impregnar el adhesivo en el tejido dentinario grabado para formar una nueva estructura conformada por una matriz de resina reforzada con las fibras de colágeno, ver (Figura 1). De esta manera, la capa híbrida está conformada por restos de hidroxiapatita, solventes, colágeno y monómeros de resina.<sup>7,16,17</sup>



**Figura 1.** Formación de la capa híbrida

Tomado y modificado de Perdigao et al., 2020.

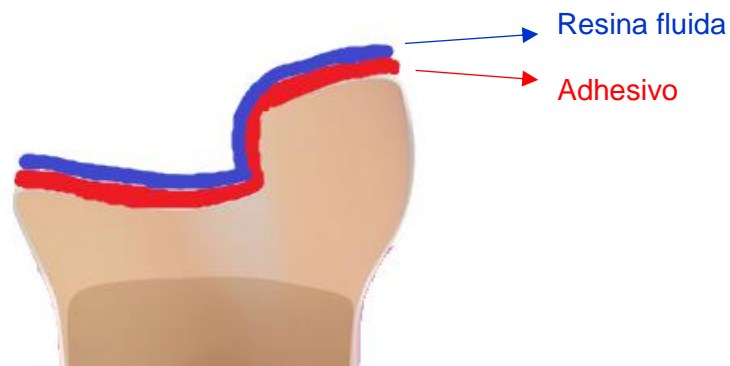
La hibridación de la dentina es el principal mecanismo de retención micromecánica de los adhesivos de grabado y lavado. Los monómeros resinosos hidrofílicos infiltran la dentina desmineralizada por el ácido grabador, encapsulando la matriz de dentina, y formando la capa híbrida.<sup>18,19</sup>

Los adhesivos de autograbado o universales también forman una capa híbrida. En dichos adhesivos se incorpora o desmineraliza parcialmente el smear layer, lo cual forma una capa híbrida delgada e irregular. Sin embargo, se ha descrito que dichos sistemas

adhesivos ofrecen una adhesión química con ciertos primer acídicos, como el 10-MDP, lo cual proporciona una retención adicional.<sup>18</sup>

### 3.1.6 Resin coating

Propuesta en los años 90s, la técnica conocida como "resin coating" es una estrategia adhesiva empleada generalmente en tratamientos de restauraciones indirectas.<sup>20</sup> Con esta técnica se pretende proteger la dentina que queda expuesta al preparar una cavidad. Consiste en combinar un sistema adhesivo y una resina fluida de baja viscosidad, aplicándolos posterior a la preparación cavitaria y antes de tomar la impresión final durante un tratamiento de una restauración indirecta, ver (Figura 2).



**Figura 2.** Esquematización de la técnica "resin coating"

Fuente propia

Algunas ventajas del resin coating son la disminución de sensibilidad postoperatoria, protección de la dentina y aumento de la fuerza de adhesión.<sup>20,21</sup> Es importante elegir un sistema adhesivo adecuado para la técnica para obtener un resultado óptimo. Un sistema adhesivo autograbante de dos pasos es recomendable ya que se busca la protección de la dentina y pulpa.<sup>20</sup>

En contraste con los adhesivos de autograbado de dos pasos, los adhesivos universales incluyen una mayor cantidad de monómeros hidrofílicos en su composición, buscando semejarse a la naturaleza húmeda de la dentina.<sup>21</sup> Esto puede llevar a una degradación en la interfase dentina-resina ya que se producen residuos de solventes y el agua queda atrapada. Los adhesivos universales tienen un espesor delgado de aproximadamente 15  $\mu\text{m}$ ., lo cual los hace susceptibles a la inhibición de polimerización por la capa de oxígeno, limitando su durabilidad adhesiva. Con la técnica de resin coating se trata al adhesivo como un primer y se agrega posteriormente la resina fluida, la cual actúa como una capa hidrófoba.<sup>22-24</sup>

Al aplicar una capa de resina fluida sobre el adhesivo universal polimerizado se aumenta su espesor y se obtiene una capa con mayor uniformidad, lo cual evita el flujo de líquido.<sup>13</sup> Asimismo, se aumenta la cantidad de monómeros hidrófobos, se fortalece la capa híbrida y se puede disminuir el estrés de polimerización.<sup>22,23,25</sup>

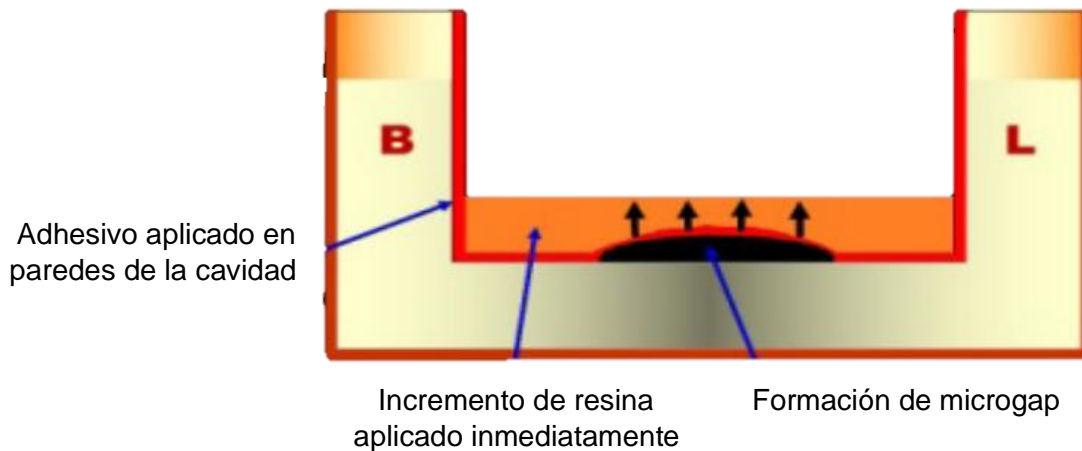
### 3.1.7 Desacople con el tiempo

El desacople con el tiempo es una estrategia clínica que se lleva a cabo con el objetivo de permitir la maduración de la capa híbrida.<sup>26</sup> La capa híbrida es aquella que se forma al aplicar el primer y el adhesivo, creando una interfase entre la dentina y el sistema adhesivo. El primer y adhesivo penetran en las fibras colágenas de la dentina, formando una unión dentina-resina.<sup>2</sup> De esta manera, mediante el desacople con el tiempo, se logra que la interfase adhesiva resista tensiones por contracción con los siguientes elementos a los que se acoplará o conectará, siendo éstas el cemento o las siguientes capas de resina que serán aplicadas.<sup>26</sup>

El concepto de "desacople" se refiere a que se le da prioridad a que el sellado de la dentina y resin coating sean desconectados de los siguientes materiales restaurativos. El llevar a cabo ciertos pasos durante el protocolo adhesivo como el sellado dentinario inmediato, resin coating y elevación de margen profundo permiten que el tiempo transcurra mientras dichos pasos son realizados, lo cual favorece la adhesión.<sup>27</sup>

Al desacoplar la capa híbrida de los siguientes elementos restaurativos se puede mejorar la fuerza de unión adhesiva y disminuir los niveles de contracción por polimerización.<sup>27,28</sup>

Para evitar la contracción por la polimerización se recomienda aplicar la resina mediante pequeños incrementos de no más de 1.5 mm. Esto es debido a que, al polimerizar, la resina tiende a fluir hacia las paredes más mineralizadas y en menor proporción hacia aquellas que se encuentran más húmedas y orgánicas.<sup>28</sup> Si la resina es colocada muy rápido antes de que la capa híbrida termine de madurar o se coloca un incremento mayor a 1.5 mm. se crea una contracción por la polimerización, ya que no se encuentra en íntimo contacto con dentina, lo cual forma un gap entre la resina con la capa híbrida que puede ocasionar sensibilidad o dolor, además de estar despegada de la dentina, lo cual disminuye la fuerza adhesiva de dicha restauración,<sup>28</sup> ver (Figura 3).



**Figura 3.** Esquematización de formación de microgap

Tomado y modificado de Hassan et al., 2022.

### 3.2 Antecedentes específicos

En el año 2019, Ermis et al,<sup>24</sup> realizaron un estudio que tenía como objetivo medir la fuerza de unión a la microtracción ( $\mu$ TBS) de adhesivos universales inmediatamente y con 6 meses de envejecimiento con y sin una capa adicional de adhesivo. La muestra se conformó de un total de 80 terceros molares humanos, dividiéndolos en 8 grupos experimentales. Se utilizaron los siguientes adhesivos universales como sistemas de autograbado: *Clearfil Universal Bond* (Kuraray Noritake) y *Single Bond Universal* (3M Oral Care). Éstos fueron fotopolimerizados o no antes de la aplicación adicional de un adhesivo hidrofóbico (*Clearfil SE Bond* bond de Kuraray Noritake). Las superficies oclusales fueron reconstruidas con resina y las muestras fueron almacenados en agua a 37°C durante 24 horas y posteriormente fueron seccionados. A la mitad de las muestras se les aplicó la prueba de fuerza de unión a la microtracción ( $\mu$ TBS), y la mitad restante se almacenó en agua a 37°C por un tiempo de 6 meses antes de realizar la prueba. Se encontró como resultado que la  $\mu$ TBS inmediata fue similar para los adhesivos universales al aplicarse según las distintas estrategias ( $p>0.05$ ). Se mejoró la  $\mu$ TBS de las muestras envejecidas con la aplicación de la capa adicional de adhesivo, obteniendo valores estadísticamente significativos ( $p>0.05$ ) cuando el adhesivo se fotopolimerizó antes de aplicarlo. Se concluyó que se favorece la durabilidad de la unión de los adhesivos universales utilizados como sistemas autograbantes al aplicar una capa adicional de adhesivo, y fotopolimerizando el adhesivo antes de aplicar esta capa adicional.

Sukprasert et al,<sup>29</sup> en el año 2022 evaluaron el efecto sobre la fuerza de unión microtensil ( $\mu$ TBS) con un retraso en el tiempo de fotoactivación de resina con adhesivos de autograbado bajo fuerzas de presión pulpares. Se tuvo una muestra conformada por un total de 120 terceros molares humanos. *Clearfil SE Bond*, *G-2 Bond Universal*, *Clearfil Universal Bond Quick* y *G-Premio Bond* fueron los adhesivos empleados. Estos adhesivos fueron divididos en 3 subgrupos: fotoactivación inmediata ( $T_0$ ), fotoactivación retardada de 150s ( $T_1$ ) y fotoactivación retardada de 300 s ( $T_2$ ). Las muestras fueron almacenadas en agua durante 24 horas y posteriormente se les aplicó la prueba de

fuerza de unión microtensil ( $\mu$ TBS), así como también se evaluó la microfiltración de la interfase resina-dentina. Se encontró que todos los adhesivos mostraron una reducción en la  $\mu$ TBS con una fotoactivación retardada 300 segundos, a excepción del adhesivo *Clearfil Universal Bond Quick*. Los adhesivos de autograbado de dos pasos fueron los que obtuvieron la mayor fuerza de adhesión en comparación con los adhesivos de un solo paso. Se encontró microfiltración en todos los adhesivos en el T<sub>2</sub>. Como conclusión se encontró que el retraso de la fotoactivación de la resina afectó la fuerza adhesiva dentinaria en los adhesivos de autograbado. También se llegó a la conclusión de que los adhesivos de autograbado de dos pasos presentan un mejor desempeño adhesivo en comparación con los adhesivos de autograbado de un solo paso.

En el año 2020, se realizó un estudio por Carvalho et al,<sup>30</sup> donde se analizó la fuerza de adhesión de cinco adhesivos (*Optibond FL*, *Scotchbond MP*, *Single Bond Plus*, *Clearfil SE Bond* y *Scotchbond Universal*), los cuales fueron utilizados de 3 distintas maneras: 1) con sellado dentinario retardado, 2) sellado dentinario inmediato y 3) sellado dentinario inmediato con una capa de resin coating. La muestra se conformó por 75 dientes, los cuales se dividieron en 15 grupos (n=5). Se aplicó la prueba de fuerza de unión microtensil a las muestras. Como resultado se encontró que la aplicación de una capa de resin coating después del sellado dentinario inmediato favoreció la fuerza de unión microtensil, con un 233% en *Scotchbond MP* y 560% en *Clearfil SE Bond*, y se mantuvo el desempeño del adhesivo estándar de oro de 3 pasos. Los mejores resultados fueron con el adhesivo *Optibond FL* con o sin la capa adicional de resin coating y *Clearfil SE Bond* con la capa de resin coating.

Pushpa R et al,<sup>31</sup> en el año 2009 realizaron un estudio donde se analizó la influencia sobre la adaptación marginal al aplicar una capa hidrófoba y retrasar la colocación de una resina con dos adhesivos de autograbado: *XENO-III* y *ALL-BOND SE*. Las muestras fueron 80 premolares humanos extraídos de pacientes, a las cuales se les realizaron cavidades clase V y se dividieron en 4 grupos de 10 cada uno. Los grupos quedaron conformados de la siguiente manera: grupo 1) aplicación del sistema adhesivo según las instrucciones del fabricante y colocación inmediata de la resina, grupo 2) aplicación del

sistema adhesivo y resina igual al grupo 1, pero con una capa hidrófoba antes de colocar la resina, grupo 3) aplicación del adhesivo similar al grupo 1, pero con 2 minutos de retraso en la colocación de la resina, y grupo 4) aplicación del adhesivo similar al grupo 2, pero con 2 minutos de retraso en la colocación de la resina. Se aplicó termociclaje e inmersión en solución fucsina al 2%, los dientes fueron seccionados y posteriormente se observaron en el estereomicroscopio. Los resultados fueron analizados con la prueba estadística Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Como resultado se encontró que en el grupo 1, hubo una mayor microfiltración en comparación de los demás grupos. Se llegó a la conclusión de que colocando una capa hidrófoba de resina y retrasando la colocación de la resina se mejora la adaptación marginal en adhesivos de autograbado.

Se realizó un estudio en el año 2019 por Ahmed et al,<sup>32</sup> para determinar si los adhesivos universales se beneficiarían o no con la aplicación de una capa adicional de adhesivo. *Clearfil Universal Bond Quik* (Kuraray Noritake), *G-Premio Bond* (GC) y *Prime&Bond Active* (Dentsply Sirona) fueron los adhesivos universales analizados. Se comparó la fuerza de unión microtensil ( $\mu$ TBS) de los adhesivos universales contra el adhesivo de autograbado de dos pasos *Clearfil SE Bond* (Kuraray Noritake). Todos los adhesivos fueron polimerizados al aplicar la última capa. Se aplicó la prueba de fuerza de unión microtensil ( $\mu$ TBS). Se analizó un tercio de las muestras después de un mes de almacenaje sin termociclaje, mientras que los dos tercios restantes se envejecieron con termociclaje de 25,000 a 50,000 TCs y posteriormente fueron analizadas. Como resultados, se encontró que el adhesivo *G-Premio Bond* se favoreció al aplicar la capa adicional adhesiva aplicado en manera de autograbado. *Prime&Bond Active* mostró los niveles más altos de  $\mu$ TBS, *Clearfil Universal Bond Quik* niveles intermedios y *G-Premio Bond* los menores. Se llegó a la conclusión de que el adhesivo y su estrategia empleada influyen en la eficacia de la capa adicional del adhesivo aplicado de manera inmediata y envejecida.

Un estudio realizado por Dilsad et al,<sup>33</sup> en el 2018, evaluó y comparó el desempeño de tres adhesivos universales aplicando una resina fluida en lesiones cervicales no cariosas durante 18 meses. La muestra estuvo conformada por 18 pacientes a los cuales se les

realizaron 99 restauraciones por el mismo odontólogo. Fueron divididos en tres grupos según el tipo de adhesivo universal, los cuales fueron los siguientes: *Clearfil Universal Bond*, *iBond Universal* y *G-Premio Bond*. Se aplicó ácido fosfórico al 37% de manera selectiva previo a la colocación del adhesivo. El adhesivo fue colocado posteriormente se aplicó la resina fluida *G-aenial Universal Flo* en cada respectivo grupo. La retención, decoloración marginal, adaptación marginal, sensibilidad y textura superficial fueron analizadas después de una semana, 6 meses, 12 meses y 18 meses. El porcentaje de retención obtenida en el adhesivo *Clearfil Universal Bond*, *iBond Universal* y *G-Premio Bond* fue de 100%, 96.8% y 100%, respectivamente. Se encontraron resultados similares en los tres adhesivos en cuanto a la adaptación marginal, *Clearfil Universal Bond* un 93.1%, *iBond Universal* un 90% y *G-Premio Bond* un 81.8%. En cuanto a la variable de decoloración marginal se obtuvieron los siguientes resultados: *Clearfil Universal Bond* 100%, *iBond Universal* 90% y *G-Premio Bond* 87.9%. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres adhesivos en todas las variables analizadas ( $p>0.05$ ). Con los resultados obtenidos se concluyó que todos los sistemas adhesivos tuvieron un desempeño similar con las restauraciones de las lesiones cervicales no cariosas por el periodo de los 18 meses del estudio.

## **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Los sistemas adhesivos que existen en la actualidad son diversos y éstos pueden ser aplicados de distintas maneras. El desacople con el tiempo es una estrategia adhesiva que permite que la capa híbrida formada entre el adhesivo y la dentina madure al esperar un tiempo determinado antes de continuar con el protocolo restaurador. Con esta técnica se puede evitar la contracción por polimerización y por ende, mejorar y aumentar la unión adhesiva.

Por otra parte, los adhesivos universales mejoran y favorecen su desempeño al aplicar una capa de resina (resin coating) en el adhesivo polimerizado, actuando como una barrera hidrófoba. No obstante, en la actualidad no se tiene conocimiento del tiempo ideal para iniciar el proceso de polimerización de esta capa hidrófoba de resina. Los adhesivos universales se utilizan con una gran frecuencia en la práctica odontológica, debido a su versatilidad y practicidad. Asimismo, se pueden emplear de distintas maneras, lo cual puede llevar a que surjan dudas en el profesional sobre su correcto uso.

Se cometen errores al no existir un protocolo de trabajo estandarizado con los adhesivos universales, lo cual evita el destacar sus propiedades. Esto puede repercutir en el pronóstico de las restauraciones, llevándolas incluso hasta el fracaso.

### **Pregunta de investigación**

¿Existe diferencia en la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida del adhesivo Universal con resin coating y resina compuesta?

## 5. JUSTIFICACIÓN

Los adhesivos universales se favorecen al aplicar una capa hidrófoba adicional de resina fluida (resin coating), sin embargo, resulta importante conocer el tiempo ideal que se debe permitir que la capa híbrida madure, siendo ésta una variable desconocida actualmente. Durante la práctica clínica surgen interrogantes respecto al protocolo de adhesión ya que no existe uno estandarizado al que se puedan apegar los odontólogos. Al encontrar el tiempo ideal de maduración de la capa híbrida, se pueden destacar las propiedades de los sistemas adhesivos, lograr un desacople con el tiempo y, por ende, brindar un mejor tratamiento a los pacientes.

Los adhesivos universales son utilizados con mucha frecuencia entre los odontólogos, por lo cual es importante conocer su comportamiento y características para ofrecer tratamientos con mejores pronósticos, y de esta manera, crear un protocolo estandarizados que la mayoría de los odontólogos puedan reproducir fácilmente.

## **6. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis científica**

La fuerza de adhesión es mayor con un tiempo de maduración de la capa híbrida de 5 minutos del adhesivo Universal con resin coating y resina compuesta.

### **Hipótesis nula**

La fuerza de adhesión es menor con un tiempo de maduración de la capa híbrida diferente de 5 minutos del adhesivo Universal con resin coating y resina compuesta.

## 7. OBJETIVOS

### 7.1 Objetivo general

Comparar la fuerza de adhesión con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida de adhesivo universal con resin coating y resina compuesta.

### 7.2 Objetivos específicos

- Medir la fuerza de adhesión sobre el adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) con una capa de resina fluida (resin coating) y posterior aplicación de resina compuesta inmediatamente (tiempo de espera para aplicar resina compuesta de 0 segundos).
- Medir la fuerza de adhesión sobre el adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) con una capa de resina fluida (resin coating) y posterior aplicación de resina compuesta a los 5 minutos (tiempo de espera para aplicar resina compuesta de 5 minutos).
- Medir la fuerza de adhesión sobre el adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) con una capa de resina fluida (resin coating) y posterior colocación de resina compuesta a los 10 minutos (tiempo de espera para aplicar resina compuesta de 10 minutos).
- Medir la fuerza de adhesión sobre el adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) sin una capa de resina fluida y posterior colocación de resina compuesta inmediatamente (tiempo de espera para aplicar resina compuesta de 0 segundos).
- Determinar los tipos de falla de adhesión observadas en un microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido.

## **8. MATERIALES Y MÉTODOS**

**8.1 Diseño del estudio:** experimental, *in vitro*.

**8.2 Población y muestra:** terceros molares humanos extraídos.

### **8.3 Criterios de selección**

#### **8.3.1 Inclusión**

- Terceros molares humanos sanos.
- Terceros molares humanos de pacientes dentro de un rango de edad de 16 a 40 años.
- Terceros molares humanos dentro de un rango de tiempo de 1 a 6 meses de haber sido extraídos.
- Terceros molares humanos con la corona anatómica completa.
- Terceros molares humanos dentro de un rango de almacenamiento no mayor a 6 meses.

#### **8.3.2 Exclusión**

- Terceros molares con más de 6 meses de almacenamiento.
- Dientes que estructuralmente se encuentran dañados en dentina.
- Dientes que presenten caries.
- Dientes que presenten restauraciones.

#### **8.3.3 Eliminación**

- Muestras que presenten algún daño durante su preparación y que se desprenda el material de restauración antes de las maniobras.

## 8.4 Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala y categoría
<b>INDEPENDIENTE</b>			
<b>Tiempos de maduración capa híbrida</b>	Tiempo que transcurre desde la aplicación del adhesivo universal con resin coating hasta la aplicación de la resina compuesta.	Se evaluaron los siguientes tiempos de espera: 1. 0 segundos (inmediato) 2. 5 minutos 3. 10 minutos	Cuantitativa discreta
<b>Resin coating</b>	Aplicación de capa de resina fluida sobre un sistema adhesivo aplicado en dentina para realizar un sellado dentinario.	Se conformaron 4 grupos:  Grupo 1 (inmediato): Adhesivo Optibond Universal + resin coating + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 0 segundos + colocación de resina compuesta.  Grupo 2 (5 minutos): Adhesivo Optibond Universal + resin coating + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 5 minutos + colocación de resina compuesta.  Grupo 3 (10 minutos): Adhesivo Optibond Universal + resin coating + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 10 minutos + colocación de resina compuesta.  Grupo 4 (control): Adhesivo Optibond Universal + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 0 segundos + colocación de resina compuesta.	Cualitativa nominal policotómica
<b>DEPENDIENTE</b>			
<b>Fuerza de adhesión</b>	Evaluación de la fuerza adhesiva entre un material adhesivo y un tejido dentario.	Se midió la fuerza de adhesión con la máquina universal de pruebas Instron en MPa.	Cuantitativa continua
<b>Tipo de falla</b>	Distintas formas en las que una unión adhesiva puede fallar.	Se pueden encontrar los siguientes tipos de fallas: 1. Falla adhesiva 2. Falla cohesiva 3. Falla mixta	Cualitativa nominal policotómica

## **8.5 Concordancia y fiabilidad**

Se realizó un estudio piloto con 8 muestras de terceros molares humanos con la finalidad de realizar ajustes en la técnica y estandarizar los parámetros de evaluación para la adhesión de la resina fluida (resin coating) por parte del investigador principal. Además, debido a que se empleó lámpara de fotopolimerización, se midió la irradiancia de la lámpara con un radiómetro cada 5 muestras.

## **8.6 Ubicación espacio-temporal**

Laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento (DITCo) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en el periodo comprendido de enero 2023 – diciembre 2024.

## **8.7 Procedimientos, técnicas y fuentes de recolección**

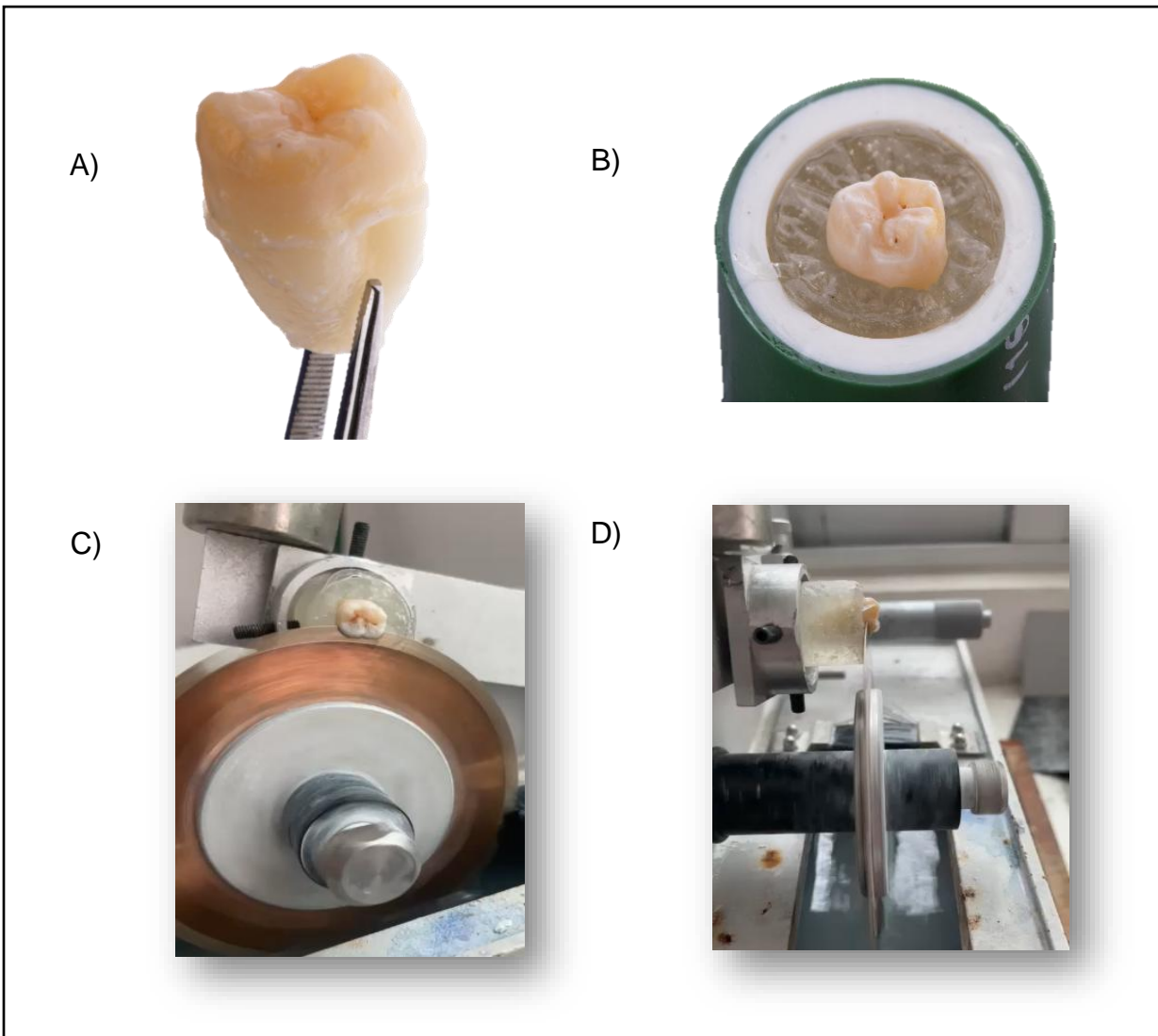
### **Preparación de la muestra**

Se realizaron extracciones de terceros molares humanos de pacientes que decidieron ser partícipes de la investigación bajo un consentimiento informado. Se siguió la NORMA ISO11405:2015. Se incluyeron pacientes en un rango de edad de 16 a 40 años. Después de ser extraídos, los órganos dentarios se lavaron a chorro profundo de agua corriente para remover restos de tejido y sangre. Posteriormente, fueron almacenados en solución de timol durante una semana. Finalmente, las muestras fueron cambiadas a una solución destilada (4°C) dentro de un refrigerador. Se dio mantenimiento a las muestras cambiando la solución una vez cada dos meses. Las muestras fueron utilizadas antes de transcurrir 6 meses de que fueron extraídas.

### **Montaje de las muestras**

Las muestras fueron montadas en una superficie que permitió tener control del corte que se realizó para exponer la dentina. Se posicionó el diente en un cilindro de acrílico de autocurado rápido. Se utilizó un aditamento especial para sujetar la muestra y llevarla a

la recortadora para realizar los cortes. Se realizó un corte transversal en los dientes extraídos hasta la unión cemento-esmalte con una sierra de baja velocidad (Isomet Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, EUA) bajo corriente de agua. Se lijaron las muestras con papel abrasivo de carburo de silicio de 400 granos bajo el chorro de agua corriente, hasta obtener una superficie lisa y a nivel de dentina coronal superficial, ver (Figura 4).



**Figura 4.** Montaje de las muestras A) Tercer molar extraído. B) Montaje de tercer molar en cilindro de acrílico. C-D) Recorte de muestras en recortadora de baja velocidad Isomet.

### **Conformación de los grupos**

Grupo 1 (inmediato): Adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) + resin coating con GrandioSO Heavy Flow (VOCO, Cuxhaven, DE, 2021) + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 0 segundos + colocación de resina compuesta.

Grupo 2 (5 minutos): Adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) + resin coating con GrandioSO Heavy Flow (VOCO, Cuxhaven, DE, 2021) + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 5 minutos + colocación de resina compuesta.

Grupo 3 (10 minutos): Adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) + resin coating con GrandioSO Heavy Flow (VOCO, Cuxhaven, DE, 2021) + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 10 minutos + colocación de resina compuesta.

Grupo 4 (control): Adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021) + fotopolimerizado durante 20 segundos + tiempo de espera de 0 segundos + colocación de resina compuesta.

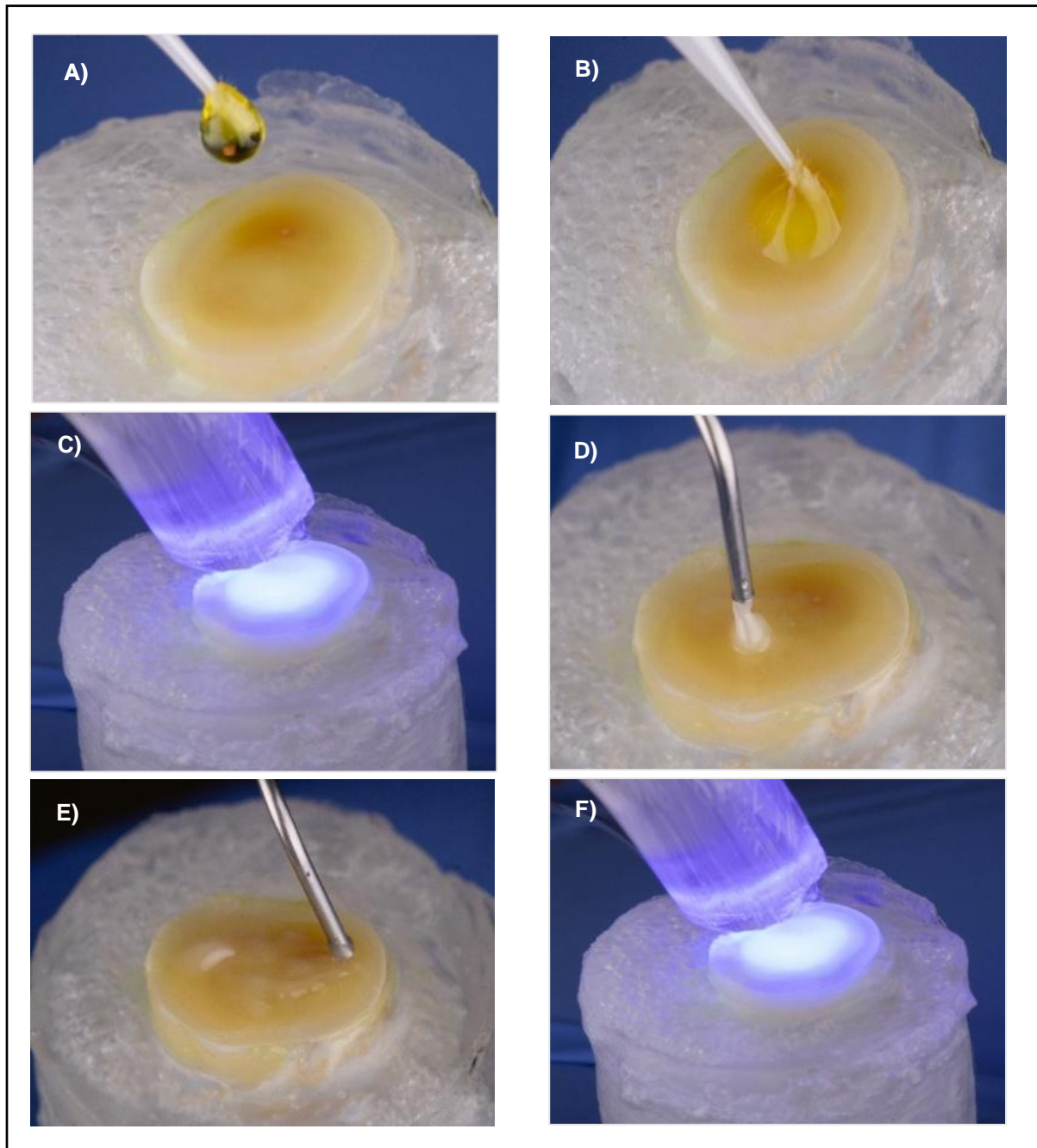
### **Acondicionamiento de las muestras**

Se acondicionaron las muestras grabando con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos y después se lavó durante 20 segundos. Posteriormente se aplicó el sistema adhesivo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. (Ver anexo 11.3) Se colocó una capa uniforme de 0.5 mm. de resina fluida *GrandioSO Heavy Flow* (VOCO, Cuxhaven, DE, 2021) y se fotopolimerizó durante 20 segundos.

Se procedió a esperar al maduramiento de la capa híbrida durante distintos tiempos (inmediato, 5 minutos y 10 minutos). Habiendo finalizado los tiempos de espera, se procedió a colocar la resina compuesta.

Se puso en evaluación el adhesivo *Optibond Universal* (Kerr, CA., EUA, 2021), contando con un total de 4 grupos, donde el grupo 4 fue el grupo control (sin aplicación de resina

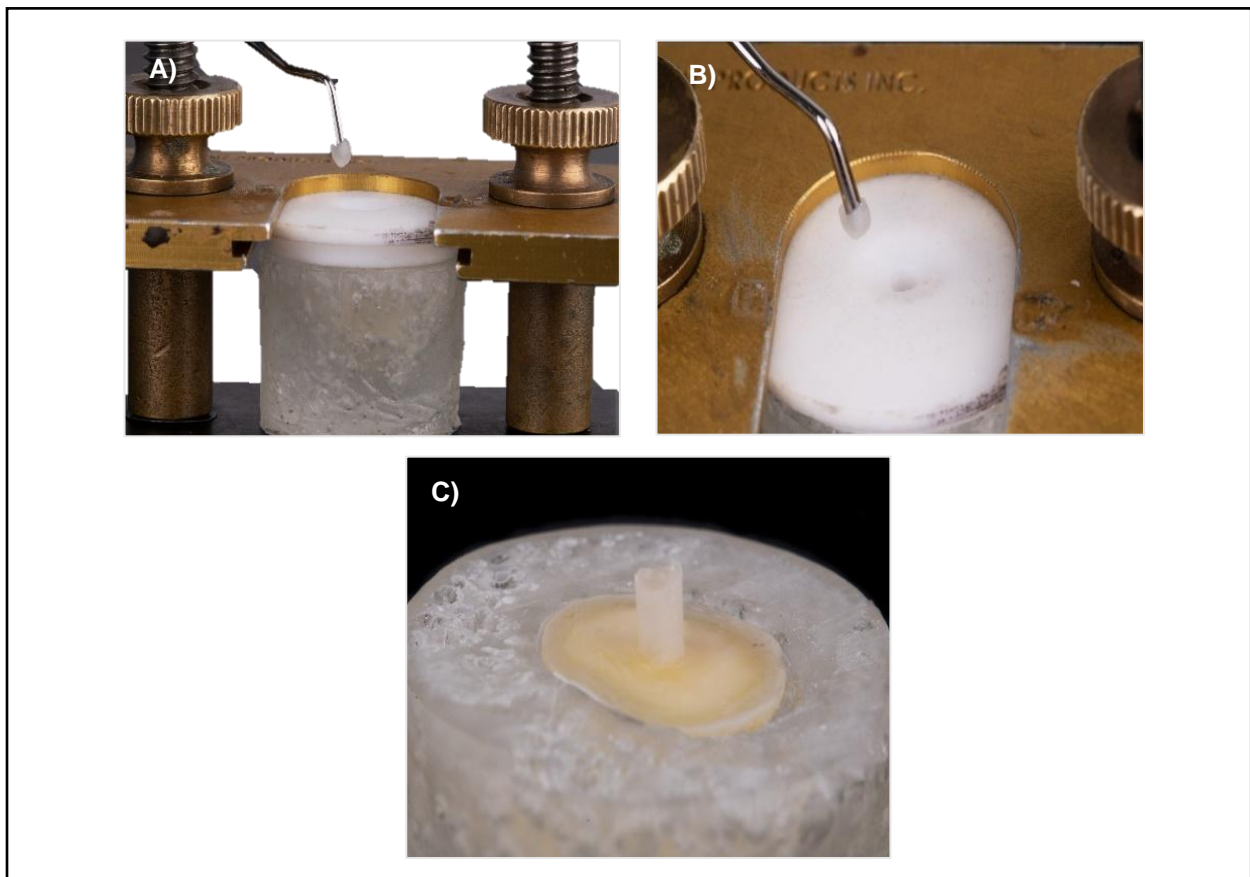
fluida o resin coating). Los grupos 1, 2 y 3 fueron tratados con el adhesivo *Optibond Universal* y resin coating, ver (Figura 5).



**Figura 5.** Acondicionamiento de las muestras. A-B) Aplicación del adhesivo Optibond Universal. C) Fotopolimerización del adhesivo. D-E) Aplicación del resin coating con un espesor de 0.5 mm. F) Fotopolimerización del resin coating.

### Colocación del composite de resina

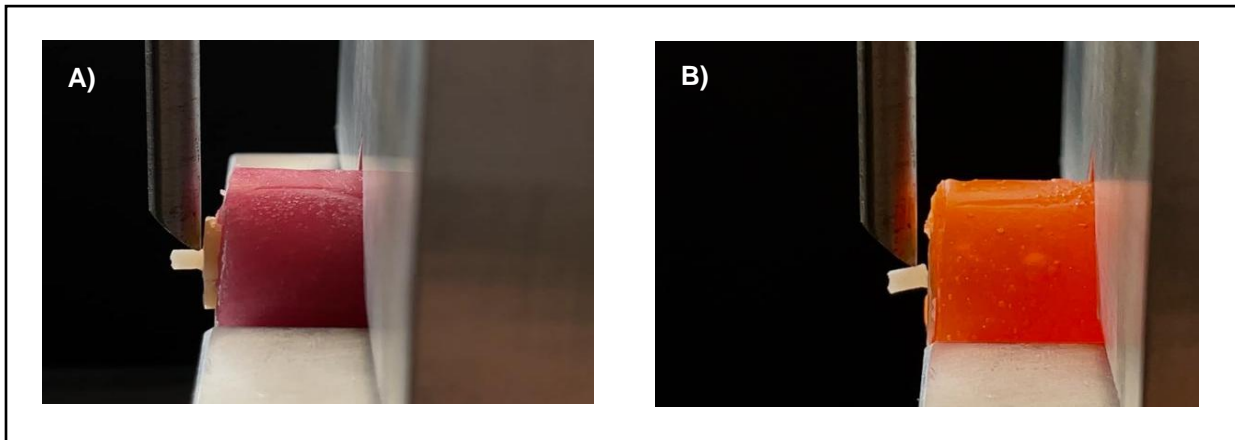
Se colocó el cilindro de acrílico con las muestras en una prensa para resina. Se utilizó resina compuesta *Filtek Z350 XT* (3M ESPE, MN., EUA, 2017), la cual fue colocada en incrementos de 1 mm. y se fotopolimerizó cada uno durante 20 segundos con la lámpara de fotocurado *Elipar™ DeepCure L-Led* (3M ESPE, MN., EUA, 2015). Finalmente, las muestras se colocaron en un recipiente con agua y se mantuvieron almacenadas en un horno a 37°C durante 24 horas antes de realizar la prueba, ver (Figura 6).



**Figura 6.** Colocación del composite de resina. A-B) Aplicación de la resina en la prensa de resina Ultradent. C) Resina colocada en muestra.

## **Evaluación de la fuerza de adhesión**

Las muestras se llevaron a la máquina universal de pruebas *INSTRON 4465* (INSTRON, MA., EUA, 1995) para realizar una prueba de cizalla. La velocidad de deformación estándar recomendada fue de  $(0.75 \pm 0.30)$  mm/min, o una tasa de carga de  $(50 \pm 2)$  N/min. Posteriormente, al lograr el fallo de los especímenes, los resultados en Newtons se convirtieron en MPa para su posterior análisis, ver (Figura 7).



**Figura 7.** Evaluación de la fuerza de adhesión. A-B) Muestras colocadas en la máquina universal de pruebas Instron donde se aplicó la fuerza para desprender la resina.

## **Evaluación en microscopio óptico para evaluar el tipo de falla**

Las pruebas se llevaron al microscopio óptico *Ecxsá XTD3* a  $30\times$  para determinar el tipo de falla. Los tipos de falla que se pueden encontrar fueron clasificados de la siguiente manera:

- Falla adhesiva: aquella en la interfaz resina/dentina.
- Falla cohesiva en resin coating: aquella que curre en la interfase resina compuesta/resin coating. Se observa el remanente del resin coating.
- Falla cohesiva en resina compuesta: Ocurre en la resina compuesta, observándose su remanente.
- Falla mixta: Ocurre en la interfase resina/dentina, que incluye fallas cohesivas.

## **Descripción de las muestras mediante el microscopio electrónico de barrido**

Se llevaron 4 muestras al microscopio electrónico de barrido y se emplearon las siguientes condiciones de trabajo: las muestras fueron cubiertas en oro, posteriormente fueron llevadas al microscopio electrónico de barrido *JEOL JSM 6610LV* (JEOL, JP.), se emplearon dos tipos de ampliaciones: 22× y 50×, mediante electrones secundarios, a una distancia de trabajo: 09 mm. y a 20 kV. Para su posterior descripción.

### **8.8 Análisis estadístico**

Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 21 para el análisis de los datos. La estadística descriptiva mediante media y desviación estándar (DE). La distribución de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro Wilks, estadística inferencial para las comparaciones la prueba ANOVA de una vía, así como la prueba exacta de Fisher para los modos de falla. Se establecieron diferencias en el nivel de significación a partir de  $p < 0.05$  e intervalo de confianza al 95%. Se empleó la prueba *post hoc* Tukey al encontrarse diferencias entre los diferentes grupos de estudio.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Fuerza de adhesión

Se realizó la prueba de adhesión en la máquina universal de pruebas Instron en las 60 muestras, divididas en 4 grupos: grupo 1 (inmediato), grupo 2 (5 minutos), grupo 3 (10 minutos) y grupo 4 (control). Se obtuvieron valores en Newtons, los cuales fueron convertidos a megapascales mediante una fórmula matemática:  $N/mm^2$ . Los valores obtenidos fueron vaciados en una tabla (Anexo 14.4).

El valor más alto de adhesión que se obtuvo fue de 19.7 MPa, en el grupo 2 (5 minutos), mientras que el valor más bajo fue de 4.4 MPa, dentro del grupo 4 (control).

#### *Estadística descriptiva*

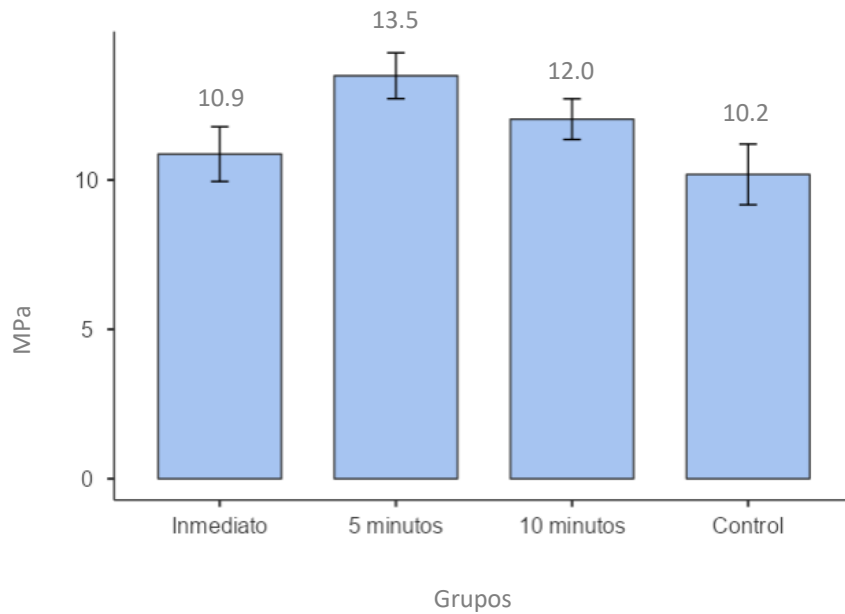
Se realizó un análisis de la estadística descriptiva en el paquete estadístico GraphPad Prism. Se analizó la media, desviación estándar, valor mínimo y máximo de cada grupo. En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos en cada grupo, donde se puede observar que la media en el grupo 2 (5 minutos) fue la de mayor valor (13.5 MPa), mientras que el grupo 4 (control) presentó la media de menor valor (10.2 MPa). La desviación estándar se mantuvo dentro de un rango de 2.64 a 3.93. En el Gráfico 1 se observan los valores de la media de cada grupo, ver (Gráfico 1).

**Tabla 4.** Estadística descriptiva prueba de adhesión

	<b>Grupo 1 (inmediato)</b>	<b>Grupo 2 (5 minutos)</b>	<b>Grupo 3 (10 minutos)</b>	<b>Grupo 4 (Control)</b>
N	15	15	15	15
Media	10.9 MPa	13.5 MPa	12.0 MPa	10.2 MPa
Desviación estándar	3.55	2.97	2.64	3.93
Mínimo	5.10 MPa	9.76 MPa	7.85 MPa	4.40 MPa
Máximo	16.5 MPa	19.7 MPa	16.4 MPa	16.5 MPa

Fuente propia

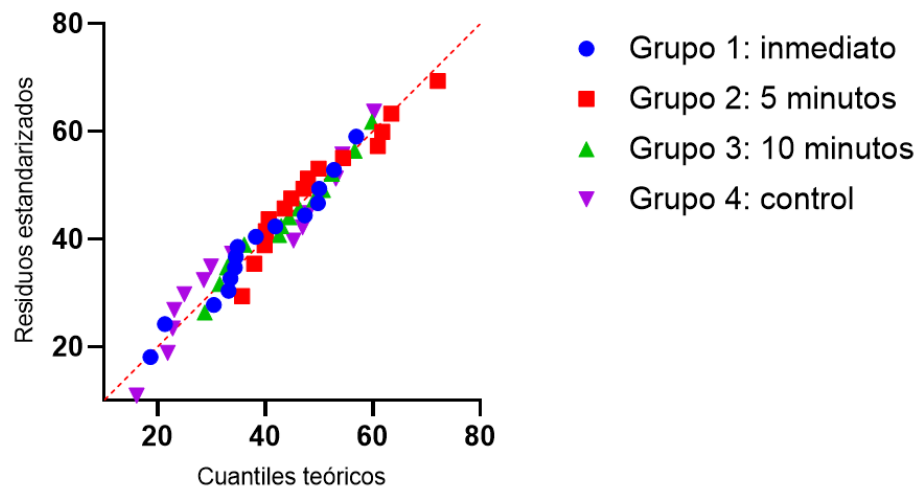
**Gráfico 1. Media por grupos**



*Prueba de normalidad*

Se realizó la prueba de Shapiro Wilks para determinar la distribución de los resultados. Se encontraron valores  $W$  de Shapiro Wilk y valores  $p$  en todos los grupos que seguían una distribución normal, ver (Gráfico 2).

**Gráfico 2. Gráfico dispersión de los datos**



## Estadística inferencial

Se procedió a realizar la prueba Anova de 1 vía. Se observó diferencia significativa ( $p=.044$ ) entre los grupos, ver (Tabla 5). Posteriormente se realizó la prueba *pos hoc* Tukey para determinar entre cuál de los grupos existían diferencias significativas, ver (Tabla 6). Se obtuvo un valor significativo ( $p=.041$ ) entre el grupo 2 (5 minutos) y el grupo 4 (control).

**Tabla 5.** Comparación en los grupos de estudio

	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	94.326	3	31.442	2.870	.044
Dentro grupos	613.528	56	10.956		
Total	707.854	59			

Fuente propia


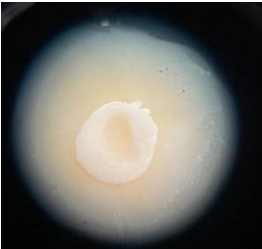
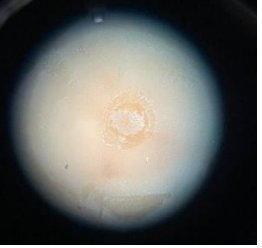
**Tabla 6.** Comparación entre los grupos de estudio

Grupos	Grupos	Sig.
1= inmediato	2= 5 minutos	.144
	3= 10 minutos	.769
	4= control	.943
2= 5 minutos	1= inmediato	.144
	3= 10 minutos	.628
	4= control	.041*
3= 10 minutos	1= inmediato	.769
	2= 5 minutos	.628
	4= control	.427
4= control	1= inmediato	.943
	2=5 minutos	.041*
	3= 10 minutos	.427

Fuente propia

## 9.2 Tipos de falla

Las muestras fueron analizadas en un microscopio óptico para determinar el tipo de falla. Los tipos de fallas considerados fueron los siguientes: 1) falla adhesiva, 2) falla cohesiva en resin coating. 3) falla cohesiva en resina compuesta y 4) falla mixta. En la Figura 8 se describen las características que se consideraron para clasificar cada tipo de falla y se observan imágenes obtenidas en el microscopio.

Tipo de falla	Definición	Imagen
<b>Falla adhesiva</b>	Ocurre en la interfase resina/dentina. Sin remanentes de resin coating ni resina compuesta.	
<b>Falla cohesiva en resin coating</b>	Ocurre en la interfase resina compuesta/resin coating. Se observa el remanente del resin coating.	
<b>Falla cohesiva en resina compuesta</b>	Ocurre en la resina compuesta, observándose su remanente.	
<b>Falla mixta</b>	Ocurre en la interfase resina/dentina, que incluye fallas cohesivas.	

**Figura 8.** Tipos de fallas

Se encontró que en el grupo 1 (inmediato) el tipo de falla más frecuente fue del tipo adhesiva, en el grupo 2 (5 minutos) y grupo 3 (10 minutos) de tipo mixta, y en el grupo 4 (control) de tipo adhesiva, ver (Tabla 7).

**Tabla 7.** Frecuencia de tipos de falla por grupo

Falla	Grupo 1 (inmediato)	Grupo 2 (5 minutos)	Grupo 3 (10 minutos)	Grupo 4 (control)
Adhesiva	10 (67%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (60%)
Mixta	5 (33%)	10 (67%)	12 (80%)	6 (40%)
Cohesiva en resina compuesta	0 (0%)	2 (13%)	2 (13%)	0 (0%)
Cohesiva en RC	0 (0%)	3 (20%)	1 (7%)	0 (0%)

Se muestra la frecuencia y entre paréntesis el porcentaje por grupo

Fuente propia

### *Asociación entre grupos*

Para evaluar la asociación entre los tiempos de maduración de la capa híbrida con el tipo de falla se realizó una prueba exacta de Fisher. Se encontró que si existe una asociación entre el tiempo de maduración de la capa híbrida y el tipo de falla ( $p=0.001$ ).

### *Caracterización de la superficie después de las pruebas de fuerza de adhesión mediante el microscopio electrónico de barrido*

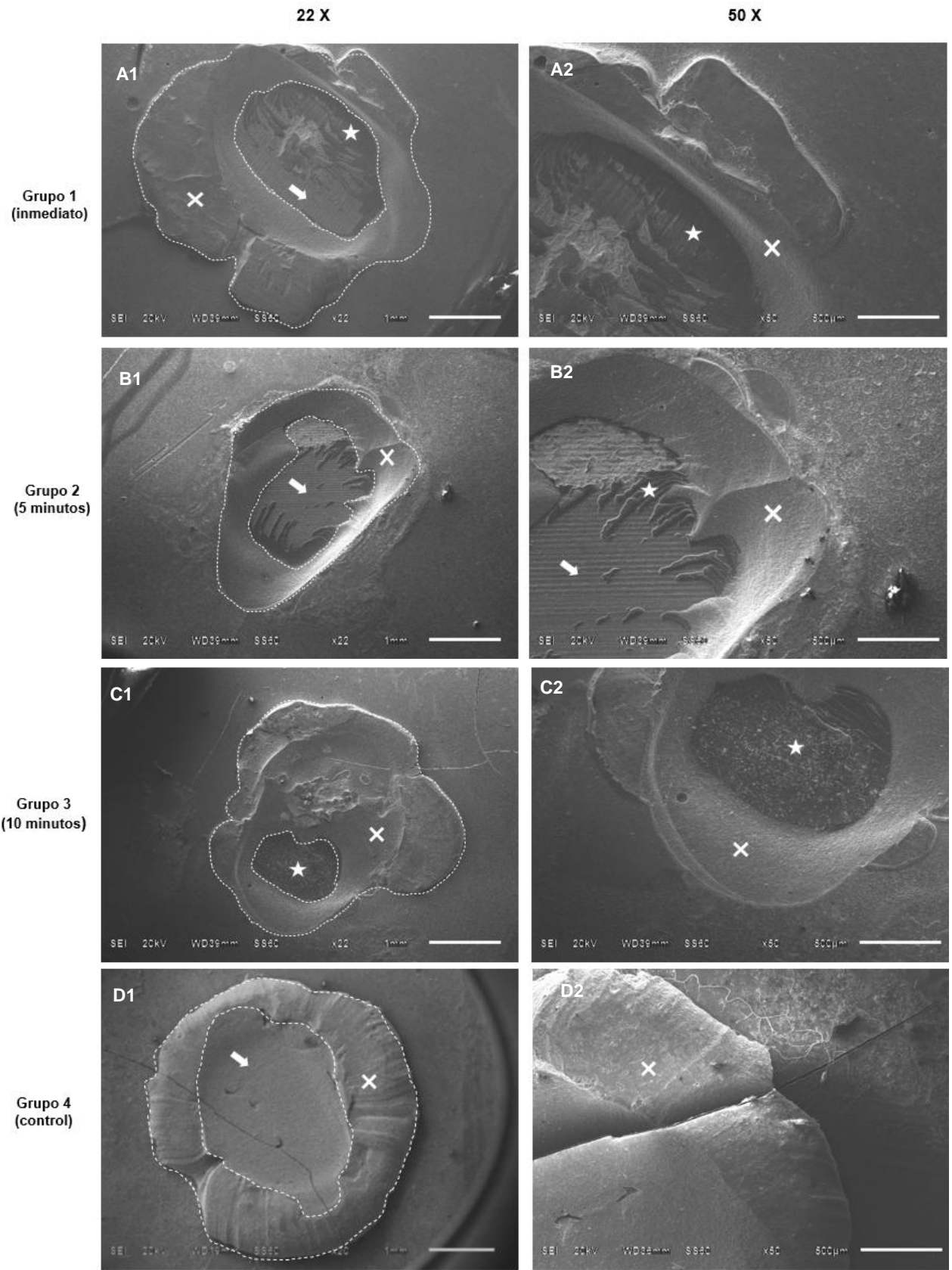
Se analizaron 2 muestras por grupo en el microscopio electrónico de barrido para la caracterización y descripción de la superficie según los tipos de fallas con un aumento de 22x y 50x. Se marcó con las siguientes figuras las zonas encontradas: ✕ = resina compuesta, ⇨ = dentina, ☆ = resin coating, y se delimitó con una línea punteada blanca la resina compuesta, marcando la zona de adhesión del botón de resina. A continuación, se describe cada una de las imágenes.

Imágenes A1-A2: se observan remanentes de la resina compuesta, marcado con una línea punteada blanca, que separa el botón de resina de la dentina. Se observa la dentina externa con un aspecto liso debido al resin coating aplicado, a diferencia de la zona interna de la dentina, la cual tiene un aspecto estriado debido a la superficie que deja la lija de la recortadora de baja velocidad. Asimismo, se observan remanentes del resin coating, con un tono similar al resin coating externo al botón de resina.

Imágenes B1-B2: se observa la delimitación de la dentina externa con el botón de resina, marcado con una línea punteada blanca. Existe una zona central de dentina con el aspecto estriado producido al recortar la muestra con la recortadora. En la imagen B2 se observan restos de resin coating en el contorno de la zona interna.

Imágenes C1-C2: se observa el remanente de la resina compuesta, delimitado por la línea blanca punteada. Está presenta una zona interna remanente de resin coating, con un aspecto y tono similar a la zona externa de resin coating.

Imágenes D1-D2: se observa la resina compuesta delimitada con la línea punteada blanca, con un aspecto rugoso y una zona interna de dentina con un aspecto liso, similar a la dentina externa, la cual está cubierta con el adhesivo.



**Figura 9.** Superficies de las muestras según el tipo de falla.

## 10. DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó la fuerza de adhesión de adhesivos universales con resin coating y sin resin coating, con distintos tiempos de maduración de la capa híbrida. Dentro de los resultados obtenidos, se encontró que permitiendo que la capa híbrida madure 5 minutos se obtienen valores más altos de adhesión. Asimismo, se analizaron los tipos de falla sobre las muestras, siendo de tipo adhesiva, cohesiva o mixta. Sin embargo, existen múltiples estudios donde analizan estas variables con otros tipos de adhesivos, con distinta metodología o encontrando resultados contrastantes a los obtenidos en este presente estudio.

El resin coating es una técnica que, dentro de sus múltiples ventajas, una de ellas es engrosar la capa de los adhesivos, favoreciendo específicamente a los adhesivos universales, los cuales presentan una capa delgada de 15  $\mu\text{m}$ . la cual es altamente susceptible a la inhibición de polimerización por la capa de oxígeno. Asimismo, se fortalece la capa híbrida y se crea una barrera hidrófoba para evitar la hidrólisis, evitando la absorción de agua a la superficie del adhesivo, y como consecuencia, aumentando la fuerza adhesiva.<sup>20,21,23,25</sup>

En el presente estudio se aplicó resin coating a las muestras, utilizando una capa de resina fluida (GrandioSO Heavy Flow) con un porcentaje de relleno de 83%. Se encontró que las muestras a las que se les aplicó esta capa de resina fluida presentaron valores de media más altos en comparación con el grupo control al cual no se le aplicó el resin coating. En un estudio realizado en el 2019 por Ermis<sup>24</sup> y colaboradores estudiaron en adhesivos universales la aplicación de una segunda capa de un adhesivo hidrofóbico (Clearfil SE Bond de Kuraray Noritake) a manera de obtener una capa más gruesa de adhesivo y lograr una barrera hidrófoba, similar al resin coating. En dicho estudio se dividieron las muestras en un análisis inmediato de la fuerza de adhesión y otro con envejecimiento de 6 meses. Se encontró como resultado que la aplicación adicional del adhesivo hidrófobo favoreció a las muestras envejecidas, obteniendo valores más altos a la fuerza de unión microtensil. En comparación con el presente estudio, se utilizó un material distinto a la resina fluida, siendo éste la botella de adhesivo del adhesivo

autograbante Clearfil SE Bond, sin embargo, se logró también favorecer la fuerza adhesiva de los adhesivos universales.

La maduración de la capa híbrida se obtiene mediante el desacople con el tiempo. Éste es un concepto que fue descrito por David Alleman y colaboradores en el año 2017.<sup>26,27</sup> Este concepto está incluido dentro de los protocolos biomiméticos restaurativos. Dichos protocolos están divididos en dos grupos: 1) protocolos para reducir el estrés y 2) protocolos para maximizar la adhesión. El desacople con el tiempo se encuentra dentro del primero grupo. Éste permite que los incrementos de resina se conecten o acoplen a una capa híbrida lo suficiente madura, logrando neutralizar las diferencias entre los valores adhesivos que se pueden obtener en los tejidos, es decir, logrando una fuerza adhesiva de igual valor tanto en la porción más profunda, así como en la más superficial.<sup>27,34</sup> En dicho protocolo se establece esperar dentro de un rango de 5 a 30 minutos antes de colocar el primer incremento de resina.<sup>35</sup>

En el presente estudio se decidió analizar los tiempos de maduración de 0 segundos (inmediatamente), 5 minutos y 10 minutos. Como resultados se encontró que al aplicar la resina inmediatamente se obtienen valores de adhesión menores en comparación al esperar 5 minutos. La maduración de la capa híbrida de 5 minutos presentó los valores más altos de adhesión. En el año 2022 Sukprasert<sup>29</sup> y colaboradores realizaron un estudio donde analizaron la fuerza de adhesión en adhesivos de autograbado estimulados con fuerzas de presión pulpares. Las muestras se dividieron en 3 grupos: 1) fotoactivación inmediata, 2) fotoactivación retardada de 150 segundos y 3) fotoactivación retardada de 300 segundos. Como resultado se encontró una disminución en la fuerza de adhesión con una fotoactivación retardada de 150 segundos, concluyendo que al esperar antes de la aplicación y fotoactivación de la resina no favorece la fuerza de adhesión. Al contrario, en el presente estudio se encontró que, si se favorece la adhesión, ya que se aumenta la fuerza adhesiva esperando antes de la aplicación y fotoactivación de la capa de resina.

En el presente estudio se utilizaron como muestras terceros molares extraídos de pacientes donadores. Se realizó el manejo de ellos según la norma ISO 11405, donde se colocó la resina compuesta sobre el molar recortado de manera horizontal. En

comparación con un estudio realizado por Pushpa<sup>31</sup> y colaboradores en el año 2009, donde se analizaron distintos tiempos de maduración de la capa híbrida, pero en cavidades clase V en premolares. En dicho estudio se analizaron dos tiempos de retraso en la aplicación y fotoactivación de la resina (inmediatamente y 2 minutos), y asimismo, se aplicó una capa hidrofóbica en las muestras. Se realizó una prueba de adaptación marginal, donde se encontró que en las muestras donde no se colocó la capa hidrófoba y se colocó inmediatamente la resina, se observó mayor filtración marginal. Al comparar dicho estudio con el presente trabajo, es notable que no se realizó la prueba de filtración marginal, sin embargo, se obtuvieron resultados favorecedores en ambos, concluyendo que al permitir que la capa híbrida madure favorece de distintas maneras, no solamente con la fuerza adhesiva.

Las pruebas o ensayos que se emplean para evaluar la fuerza de adhesión son de resistencia a la microtracción y resistencia al microcizallamiento. En la prueba al microcizallamiento se aplica una fuerza en sentido paralelo a la zona de adhesión, por medio de un cincel. Por otro lado, en la prueba a la microtracción se aplica una fuerza en sentido perpendicular, aplicando la fuerza en un sentido más uniforme, por lo cual se obtienen resultados más altos.<sup>36</sup> En este estudio, la fuerza de adhesión se midió realizando la prueba de microcizallamiento. En los artículos revisados la mayoría de la metodología se realiza mediante la prueba a la microtracción, obteniendo resultados en megapascales dentro de un rango de aproximadamente 20 a 40 MPa. Por otro lado, en el presente estudio, se obtuvieron valores en MPa entre un rango de 4 a 19 MPa, lo cual difiere dentro de los valores observados en la mayoría de los estudios debido al tipo de ensayo realizado en la máquina universal de pruebas.

El envejecimiento de las muestras es una manera de evaluar los resultados de una forma similar a lo que sucede clínicamente en los pacientes, ya que se simula el paso del tiempo y su comportamiento sobre el diente. Los estudios realizados por Sukprasert<sup>29</sup> y Pushpa<sup>31</sup> analizaron distintos tiempos de maduración de la capa híbrida, por lo que son dos estudios muy similares a lo que se propuso evaluar en el presente estudio. Sin embargo, en ninguno de dichos estudios se analizaron las pruebas al envejecimiento. Por otra parte, en el estudio realizado por Ermis<sup>24</sup> y colaboradores, si se envejecieron las

muestras, sin embargo, es un estudio en el cual no se evaluó el tiempo de maduración de la capa híbrida, sino el efecto del resin coating sobre los adhesivos universales. En base a esto, resulta importante destacar que el envejecimiento de las muestras enriquece los resultados ya que se simula el comportamiento natural de las restauraciones en boca. Es importante considerar dicha propiedad al realizar estudios de este tipo.

En estudios donde se evalúa la fuerza de adhesión al realizar una prueba física sobre las muestras es importante analizar el tipo de falla que presenta. Los tipos de falla son: 1) falla adhesiva: en la interfase resina/dentina, 2) falla cohesiva: exclusiva entre la dentina o la resina y 3) falla mixta: en la interfase resina/dentina que incluye fallas cohesivas. En el presente estudio las muestras presentaron en un 55% fallas de tipo mixtas, seguidas de 31.67% de tipo adhesivas y 6.67% de tipo cohesivas. En el estudio realizado por Ermis<sup>24</sup>, por otro lado, se obtuvieron fallas de tipo adhesivas en la mayoría de las muestras. Al ser una falla adhesiva quiere decir que la adhesión era mínima, ya que se desprendió en su totalidad el adherente. Por otra parte, el estudio de Sukprasert<sup>29</sup> y colaboradores en el año 2022, se encontró que la mayoría de las fallas fueron de tipo mixtas. Se puede destacar que en múltiples estudios se han encontrado resultados contrastantes en cuanto al tipo de falla en las muestras. Esto puede deberse al tipo de adhesivo, protocolo adhesivo o la metodología empleada.

Dentro de las fortalezas del presente estudio destaca la metodología empleada. Se basó la metodología de acuerdo con la norma ISO /TS 11405- 2015 Odontología - Pruebas de adhesión a la estructura dental. Se realizó el manejo, almacenamiento y metodología en cuanto a la prueba de adhesión siguiendo los lineamientos que indica la norma, para de esta forma estandarizar los protocolos. Asimismo, se realizaron pruebas piloto antes de comenzar con las pruebas finales para de esta manera estandarizar los procedimientos y evitar sesgos en los resultados. Con respecto a esto, se estandarizó el corte de los terceros molares a 3 mm. desde las cúspides, así como también se midió con una sonda periodontal 0.5 mm de grosor del resin coating en todas las muestras.

En el presente estudio se utilizó un microscopio electrónico de barrido para analizar una cantidad significativa de las muestras. El uso del microscopio electrónico de barrido es una herramienta muy útil que ha sido aplicada recientemente en múltiples áreas científicas. Dentro del área odontológica, se ha utilizado para el análisis de las restauraciones adhesivas.<sup>37,38</sup> El microscopio electrónico de barrido consiste en una cámara de vacío que produce un haz fino de electrones, obteniendo imágenes que destacan características morfológicas y rugosidad de la superficie con excelente detalle.<sup>38</sup> La aplicación de este microscopio aporta y enriquece los trabajos en donde se analizan las características morfológicas de muestras, como el caso de los tipos de falla, en donde se busca observar a detalle la presencia o ausencia de resina o adhesivo en las muestras, para de esta manera clasificar las fallas que se han encontrado. En el presente estudio se analizaron las muestras tanto en un microscopio óptico como en el microscopio electrónico de barrido, lo cual permite clasificar las muestras de una manera más asertiva, así como también aportar imágenes claras y didácticas para comprender de mejor manera las fallas.

Los resultados obtenidos en este estudio representan un impacto en la práctica clínica ya que se comprende que es favorable permitir que la capa híbrida madure antes de acoplar o conectar los primeros incrementos de resina. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que esperar un mayor periodo de tiempo de maduración de la capa híbrida (10 minutos) no favorece la fuerza de adhesión, lo cual favorece la práctica clínica, ya que no es necesario esperar un largo periodo de tiempo con el paciente y se pueden optimizar los tiempos en el sillón dental. Al llevar a la práctica clínica lo que se realizó en este estudio es posible ofrecer restauraciones con mayor fuerza adhesiva, lo cual puede llevar a lograr resultados más longevos y con mayor éxito en el paciente, evitando tratamientos más invasivos, extendiendo el periodo de vida del diente y evitando problemas como filtración marginal, desalajo de las restauraciones o sensibilidad.

Asimismo, con el estudio se pretende crear un protocolo clínico que los odontólogos puedan seguir para lograr una estandarización de los protocolos adhesivos y de esta manera optimizar los materiales dentales disponibles. De esta manera se logra ofrecer tratamientos predecibles a los pacientes y lograr un alto porcentaje de éxito.

## 11. CONCLUSIONES

- La fuerza de adhesión es mayor con un tiempo de maduración de la capa híbrida de 5 minutos del adhesivo Optibond Universal con resin coating y resina compuesta.
- El tipo de falla más frecuente con un tiempo de maduración de la capa híbrida de 5 y 10 minutos es de tipo mixta.
- El tipo de falla más frecuente sin un tiempo de maduración de la capa híbrida y sin resin coating es de tipo adhesiva.
- El resin coating favorece la fuerza de adhesión y los tipos de falla.

## **12. ALCANCES DEL ESTUDIO**

- Se pretende implementar un protocolo de trabajo donde se estandarice el uso del adhesivo universal para ofrecer tratamientos con un excelente desempeño a largo plazo.
- Se sugiere realizar pruebas de envejecimiento sobre las muestras para tener resultados que asemejen el comportamiento de las restauraciones en boca.
- Se sugiere analizar la maduración de la capa híbrida con distintos tipos de adhesivos con diferente monómero funcional (10 MDP).

### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Özcan M, DüNDAR M, Çömleko ME. Adhesion concepts in dentistry: tooth and material aspects. *J Adhes Sci Technol*. 2012;24(24):2661–81.
2. Heymann H, Swift EJ, Ritter A. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 6ta ed. Elsevier; 2011.
3. Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review*. 2020;56(1):190-207.
4. Tjäderhane LEO, Carrilho MR, Breschi L, Tay FR, Pashley DH. Dentin basic structure and composition — an overview. 2012;20(1):3–29.
5. Miyazaki M, Tsujimoto A, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Platt JA. Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems. *J Oral Sci*. 2014;56(1):1–9.
6. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(1):51–68.
7. Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017;8(1):1-17.
8. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28(26):3757–85.
9. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *J Adhes Dent [Internet]*. 2020;22(1):7–34.
10. Maciel Pires, P., Dávila-Sánchez, A., Faus-Matoses, V., Nuñez Martí, J. M., Lo Muzio, L., Sauro, S. Bonding performance and ultramorphology of the resin-dentine interface of contemporary universal adhesives. *Clinical Oral Investigations*. 2022; 26(6):4391–4405.

11. Cuevas-Suárez, C. E., da Rosa, W. L. O., Lund, R. G., da Silva, A. F., Piva, E. (2019). Bonding performance of universal adhesives: An updated systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2019; 21(1): 7–26.
12. Ahmed, M. H., Yoshihara, K., Mercelis, B., Van Landuyt, K., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2020). Quick bonding using a universal adhesive. *Clinical Oral Investigations*, 24(8), 2837–2851.
13. Giannini, M., Vermelho, P. M., de Araújo Neto, V. G., & Soto-Montero, J. R. (2022). An Update on Universal Adhesives: Indications and Limitations. *Current Oral Health Reports*, 9(3), 57–65.
14. Perdigão, J., & Swift, E. J. (2015). Universal Adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 331–334.
15. Brkanović, S.; Sever, E.K.; Vukelja, J.; Ivica, A.; Miletić, I.; Krmek, S.J. Comparison of Different Universal Adhesive Systems on Dentin Bond Strength. *Materials* 2023,16: 1-13.
16. Bourgi, R., Kharouf, N., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Haikel, Y., & Hardan, L. (2024). A Literature Review of Adhesive Systems in Dentistry: Key Components and Their Clinical Applications. *Applied Sciences*, 14(18): 1-51.
17. Paken, G., Çömlekoğlu, M. E., & Sonugelen, M. (2021). Detection of the hybrid layer biodegradation initiation factor with a scanning electron microscope. *Microscopy Research and Technique*, 84(9), 2166–2175.
18. Bedran-Russo, A., Leme-Kraus, A. A., Vidal, C. M. P., & Teixeira, E. C. (2017). An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth–Adhesive Interface. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 713–731.
19. Takamizawa, T., Imai, A., Hirokane, E., Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Erickson, R. L., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2019). SEM observation of novel characteristic of the dentin bond interfaces of universal adhesives. *Dental Materials*, 35(12), 1791–1804.
20. Nikaido T, Inoue G, Takagaki T, Takahashi R, Sadr A, Tagami J. Resin Coating Technique for Protection of Pulp and Increasing Bonding in Indirect Restoration. *Curr Oral Heal Reports*. 2015;2(2):81–86.

21. Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio A, Bombarda NH, Perdigão J. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *Journal of Dentistry*. 2014; 42: 595-602.
22. Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental adhesion: mechanism, techniques and durability. *J Clin Pediatr Dent*. 2012;36(3):223–234.
23. Sezinando A, Luque-Martinez I, Muñoz MA, Reis A, Loguercio AD, Perdigão J. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives. *Dent Mater*. 2015;31(10):236–246.
24. Ermis RB, Ahmed MH, Meerbeek V. Universal Adhesives Benefit from an Extra Hydrophobic Adhesive Layer When Light Cured Beforehand. *J Adhes Dent*. 2019;21(2):179–89.
25. Nikaido T, Tagami J, Yatani H, Ohkubo C, Nihei T, Koizumi H, et al. Concept and clinical application of the resin-coating technique for indirect restorations. *Dent Mater J*. 2018;37(2):192–196.
26. Alleman DS, Alleman DS, Deliperi S, Diaz A, Martins L, Keulemans F. Decoupling with Time. *Insid Dent*. 2021;1:35-40.
27. Alleman D, Nejad M, Alleman D. The Protocols of biomimetic restorative dentistry: 2002 to 2017 increase the longevity of restorations with the biomimetic approach. *Insid Dent*. 2017;1:64–70.
28. Hassan A K, Khier E S. Decoupling with split-increment: An Alternative Biomimetic Protocol for Improving Pulpal Floor Adaptation of Direct Large Composite Restorations. *J Clin Res Dent* 2022;4(2):1-5.
29. Sukprasert N, Harnirattisai C, Senawongse P, Sano H, Saikaew P. Delayed light activation of resin composite affects the bond strength of adhesives under dynamic simulated pulpal pressure. *Clin Oral Investig*. 2022;26(11):6743–6752.
30. Carvalho MA, Lazari-Carvalho PC, Polonial IF, Magne P. Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled adhesive systems. *J Esthet Restor Dent*. 2021; 33: 88-98.
31. Pushpa R, Suresh B, Arunagiri D, Manuja N. Influence of hydrophobic layer and delayed placement of composite on the marginal adaptation of two self-etch adhesives. *J Conserv Dent*. 2009;12(2):60-64.

32. Ahmed MH, De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Yoshihara K, Van Meerbeek B. Do universal adhesives benefit from an extra bonding layer? *J Adhes Dent.* 2019;21(2):117–32.
33. Oz FD, Kutuk ZB, Ozturk C, Soleimani R, Gurgan S. An 18-month clinical evaluation of three different universal adhesives used with a universal flowable composite resin in the restoration of non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig.* 2019;23(3):1443–52.
34. Hassan, K. A., & Khier, S. E. (2024). The first composite increment: Dependency on placement technique for interaction behavior with maturing dentin-adhesive bond at pulpal floors in deep occlusal cavities – A comprehensive review. *Saudi Journal of Oral Sciences*, 11(2), 73–83.
35. Reis, A., Feitosa, V. P., Chibinski, A. C., Favoreto, M. W., Gutierrez, M. F., & Loguercio, A. D. (2024). Biomimetic Restorative Dentistry: an evidence-based discussion of common myths. *Journal of Applied Oral Science*;32: 1-16.
36. Münchow EA, Bossardi M, Priebe TC, Valente LL, Zanchi CH, Ogliari FA, Piva A. Microtensile versus microshear bond strength between dental adhesives and the dentin substrate. *International Journal of Adhesion & Adhesives.* 2013; 46: 95–99.
37. Bortolotto, T., Bahillo, J., Richoz, O., Hafezi, F., & Krejci, I. (2015). Failure analysis of adhesive restorations with SEM and OCT: from marginal gaps to restoration loss. *Clinical Oral Investigations*, 19(8), 1881–1890.
38. Cardelli, P., Vertucci, V., Montani, M., & Arcuri, C. (2015). SEM Analysis Zirconia-Ceramic Adhesion Interface. *ORAL and Implantology.* 2015; 3: 52–62.

# 14. ANEXOS

## 14.1 Consentimiento informado

### CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE PARA LA DONACIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS



\_\_\_\_\_  
Nombre(s)

\_\_\_\_\_  
Apellido paterno

\_\_\_\_\_  
Apellido materno

Yo de forma voluntaria, de manera libre e informada consiento donar el (los) órgano(s) dentario(s).

Autorizo que las muestras donadas sean utilizadas en el proyecto de investigación "Comparación en la fuerza de unión ante el desacople de la dentina a tres diferentes tiempos de fotoactivación de la resina fluida sobre adhesivos universales: estudio in vitro" en el posgrado de Rehabilitación Oral de la BUAP, contribuyendo con esto en la búsqueda de nueva información relevante. Declaro que no he percibido alguna retribución económica debido a la donación y es de mi conocimiento que las muestras no serán vendidas o distribuidas con fines de lucro. Se me ha hecho saber que mi identidad será guardada en estricta confidencialidad. Además, he sido informado(a) acerca del proyecto de investigación vigente en el podrían ser incluidas las muestras donadas, he comprendido toda la información del presente documento y he tenido la oportunidad de hacer preguntas y se me ha respondido satisfactoriamente todas las dudas acerca de éste.

Firma del paciente:

Ciudad:

Fecha:

Testigos:

Relación con el paciente: \_\_\_\_\_

Relación con el paciente: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

## 14.2 Instrucciones de uso adhesivo Optibond Universal

Adhesivo	Fabricante	Aplicación con estrategia de autograbado
<b>OptiBond Universal</b>	Kerr	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Preparar la cavidad. Enjuagar abundantemente con pulverización de agua y secar con aire (sin desecar).</li><li>2. Agitar brevemente el frasco de adhesivo OptiBond Universal. Si es la primera vez que se usa, agitar enérgicamente el frasco durante 10 segundos.</li><li>3. Colocar 2 o 3 gotas de adhesivo OptiBond Universal en un recipiente limpio. Volver a colocar la tapa de inmediato después de la dispensación.</li><li>4. Utilizar el cepillo aplicador desechable para aplicar una generosa cantidad de adhesivo sobre la superficie del esmalte o la dentina. Frotar y cepillar la superficie durante 20 segundos.</li><li>5. Secar el adhesivo con aire sin aceite, primero a presión suave y luego a presión media, durante al menos 5 segundos. La superficie debe tener una apariencia brillante y uniforme.</li><li>6. Fotopolimerizar durante 10 segundos.</li></ol>

## **14.3 ISO /TS 11405- 2015 ODONTOLOGÍA - PRUEBAS DE ADHESIÓN Y MICROFILTRACIÓN A LA ESTRUCTURA DENTAL.**

### **NORMA ISO 11405:2015**

La prueba de microfiltración es una manera de probar la eficacia del material o la combinación de materiales para establecer adhesión a esmalte y dentina.

### **SUSTRATO DENTARIO**

Dientes permanentes humanos premolares o molares o incisivos mandibulares bovinos. Los bovinos donantes no deben tener las de 5 años. Si es posible, es preferible usar terceros molares permanentes de individuos de entre 16 y 40 años.

### **TIEMPO DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN**

Debido a que los mayores cambios se producen en los primeros días o semanas iniciales después de la extracción, se deben utilizar los dientes un mes, pero no más de 6 meses después de la extracción ya que estos pueden sufrir cambios degenerativos en la proteína dentaria.

### **ALMACENAMIENTO**

Inmediatamente después de la extracción debe limpiarse a fondo los dientes eliminando toda la sangre y tejido adherente. Los dientes deben colocarse en agua destilada de grado 3 de acuerdo con la norma ISO 3696:19987 o en solución bacteriostática/bactericida Cloramina T al 1.0% durante una semana como máximo y después almacenarse en agua destilada en un refrigerador a 4° C nominales. Para reducir el deterioro el medio de almacenamiento debe ser reemplazado al menos una vez cada dos meses.

### **PREPARACION DE LA CAVIDAD**

Acondicionar los dientes en agua destilada a 23± 2 °C durante un mínimo de 12hrs antes de su uso. Debe utilizarse una cavidad estándar de 3 mm. de diámetro con una profundidad de al menos 1 mm. en la dentina en la parte media de la superficie bucal de

un tercer molar, ángulo cavo superficial de aproximadamente 90°. Iniciar preparación de la cavidad en el esmalte con pieza de alta velocidad utilizando fresa pequeña cilíndrica de diamante. Acabar las paredes con una fresa de carburo de fisura recta, con extremo plano y sin cortes transversales de acuerdo con la norma 81 ISO 3823-1:1997 a aproximadamente 4000 rpm con abundante irrigación de agua. Para controlar el ángulo de la superficie durante la preparación el diente debe montarse en yeso piedra o en resina de curado en frío. Una superficie estándar debe prepararse utilizando un papel abrasivo de carburo de silicio de grano P400 de acuerdo con la normal ISO6344-1:1998. El espécimen debe evaluarse con un aumento de 5x para asegurar que todo el margen de la cavidad este rodeado de dentina. SE DEBE EXAMINAR UN MINIMO DE 10 CAVIDADES.

### **ALMACENAMIENTO DE LOS ESPECIMENES**

Inmediatamente después de la colocación de la obturación, sumergir el espécimen en la solución elegida y almacenarlo a 37+- °C durante 24hrs. Si el efecto de termociclaje forma parte de la prueba iniciar el procedimiento de termociclaje después de 24hrs de almacenamiento. Después del termociclaje sumergir el diente en una solución trazadora durante 2-4 hrs.