Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Odontología
Unidad de Posgrado

Evaluación in vitro de la resistencia adhesiva dentina-resina de tres sistemas adhesivos utilizando tres protocolos diferentes de aplicación, mediante el test de microtensión

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Estomatología

AUTOR

Ketty Amelia ARQUÍÑEGO GARAY

ASESOR

Romel Armando WATANABE VELÁSQUEZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arquíñego K. Evaluación in vitro de la resistencia adhesiva dentina-resina de tres sistemas adhesivos utilizando tres protocolos diferentes de aplicación, mediante el test de microtensión [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Unidad de Posgrado; 2019.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ketty Amelia Arquíñego Garay
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40697808
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Romel Armando Watanabe Velásquez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07310411
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6873-3361
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Gilmer Torres Ramos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10194229
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Fernando Alfonso Ortiz Culca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07747839
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Víctor Fernando Lamas Lara
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09938438
Datos de investigación	

Línea de investigación	B.3.3.2. Biomateriales dentales e innovación tecnológica.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos Latitud: -12.056962 Longitud: -77.083083
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2017 – noviembre 2017 2018 - 2020
URL de disciplinas OCDE	Odontología, Cirugía oral, Medicina oral https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del Perú. Decana de América)

Facultad de Odontología

Unidad de Posgrado

N° 035-FO-UPG-2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER EN ESTOMATOLOGÍA

En la ciudad Universitaria, a los 18 días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, siendo las 08:00 horas, se reunieron los miembros del Jurado para llevar a cabo la sustentación de la tesis titulada: **"EVALUACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA ADHESIVA DENTINA-RESINA DE TRES SISTEMAS ADHESIVOS UTILIZANDO TRES PROTOCOLOS DIFERENTES DE APLICACIÓN, MEDIANTE EL TEST DE MICROTENSIÓN",** presentado por la bachiller doña **KETTY AMELIA ARQUÍÑEGO GARAY,** para optar el grado de Magister en Estomatología.

Concluida la exposición, se procedió a la evaluación correspondiente, después de la cual obtuvo la siguiente calificación:

Bueno	16	Dieciseis
Escala	Número	Letras

A continuación, el Presidente del Jurado, en virtud de los resultados favorables, recomienda que la Facultad de Odontología proponga que la Universidad le otorgue a la bachiller doña **KETTY AMELIA ARQUÍÑEGO GARAY,** el grado de Magister en Estomatología.

Se expide la presente acta en cuatro originales y siendo las 10:00, se da por concluido el acto académico de sustentación.

Dr. Gilmer Torres Ramos
Presidente

Mg. Víctor Fernando Lamas Lara
Miembro

Dr. Fernando Alfonso Ortiz Culca
Miembro

Mg. Romel Armando Watanabe Velásquez
Miembro (Asesor)

Escala de calificación

- Excelente 20, 19
- Muy bueno 18, 17
- Bueno 16, 15
- Aprobado 14
- Desaprobado 13 o menos

INDICE GENERAL

		Página
Índice general		I
Lista de tablas		III
Lista de figuras		IV
Resumen		V
Abstract		VI
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN		
1.1.	Situación Problemática	1
1.2.	Formulación del Problema	2
1.3.	Justificación Teórica	3
1.4.	Justificación Práctica	4
1.5.	Objetivos	4
	1.5.1 Objetivo General	4
	1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO		
2.1	Antecedentes de la investigación	5
2.2	Bases Teóricas	12
2.2.1	Características de los tejidos dentarios, Esmalte y Dentina	12
2.2.2	Adhesión Dental	14
2.2.3	Tipos de Adhesión	14
	2.2.3.1 Adhesión Física	14
	2.2.3.2 Adhesión Química	15
2.2.4 Factores que favorecen la Adhesión		15
	2.2.4.1 Factores Dependientes de la Superficie	15

2.2.4.2 Factores Físicos que Dependen del Sistema Adhesivo 16

2.2.5 Mecanismo de Adhesión 16

2.2.6 Sistemas Adhesivos 21

2.2.7 Sistemas Adhesivos, Clasificación 21

2.2.8 Fenómeno de Degradación Hidrolítica del Adhesivo 29

2.2.9 Métodos de Medición de Resistencia Adhesiva 30

2.2.10 Formas de Degradación In Vitro de la Interfase Adhesiva 32

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 33

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados 36

4.2. Prueba de Hipótesis 46

4.3 Presentación de resultados 47

DISCUSIÓN 49

CONCLUSIONES 51

RECOMENDACIONES 53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54

ANEXOS 63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (MPa) del sistema adhesivo de grabado total de dos frascos *OptiBond FL (Kerr)*, frotando 10, 20 y 30 segundos……. **37**

Tabla 2. Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (MPa) del sistema adhesivo de grabado total de un frasco *Adper Single Bond 2 (3M)*, frotando 10, 20 y 30 segundos…….……. **38**

Tabla 3. Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (MPa) del sistema adhesivo de grabado total de un frasco *Single Bond Universal (3M)*, frotando 10, 20 y 30 segundos…….……..… **40**

Tabla 4. Comparación de la resistencia Adhesiva Resina- Dentina entre los diferentes grupos de estudio, empleando el mismo adhesivo-Prueba de comparaciones múltiples de Tukey……. **42**

Tabla 5. Comparación de la resistencia Adhesiva Resina- Dentina entre los diferentes sistemas adhesivos -Prueba de comparaciones múltiples de *Tukey*..... **44**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los valores de resistencia adhesiva del adhesivo *OptiBond FL (Kerr*) por tiempo de frotación……..……. **37**

Figura 2. Distribución de los valores de resistencia adhesiva del adhesivo *Adper Single Bond 2 (3M)* por tiempo de frotación……. **39**

***Figura 3*.** Distribución de los valores de resistencia adhesiva del adhesivo *Single Bond Universal (3M)* por tiempo de frotación…… **40**

Figura 4. Distribución de valores de resistencia adhesiva en los diferentes grupos de estudio, empleando el mismo adhesivo…….…….. **43**

Figura 5. Distribución de valores de resistencia adhesiva entre los diferentes sistemas adhesivos por grupos de frotación…….. **45**

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar y comparar la fuerza adhesiva Dentina-Resina en tres adhesivos *Optibond FL kerr (OFL*), *Adper Single Bond 2 3M* (ASB2) y *Single Bond Universal 3M* (SBU) y empleados cada uno, en tres tiempos diferentes de frotación. Materiales y Métodos: Estudio experimental In Vitro, comparativo, prospectivo y trasversal con muestra no probabilística por conveniencia, para ello se seleccionaron 9 terceras molares inferiores humanas integras, sin rasgos clínicos de caries dental o algún tipo de restauración. Se eliminó 3mm ±1mm correspondiente a la superficie oclusal, las molares fueron divididas en 9 grupos: Grupos A, B y C para OFL aplicando el "primer" frotando 10, 20 y 30 segundos respectivamente; grupos D, E y F para ASB2 aplicado con frotación durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente; Grupos G,H e I para SBU con su posibilidad de autograbado aplicado con frotación durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente; posteriormente las molares fueron restauradas con resina compuesta *Filtek Z350 (3M),* y llevadas a la máquina de corte tipo *Isomet* para la obtención de 15 especímenes de 1mm^2 aprox. por grupo de estudio. Los especímenes fueron almacenados durante 24 h en agua destilada, para luego ser sometidos al test de microtensión con *Microtensile Tester (BISCO),* a una velocidad de 0.5mm/min. El contraste de hipótesis de diferencia se realizó utilizando el test de *Anova* de un factor y comparaciones múltiple de *Tukey*, ambos a un nivel de confianza del 95%. Resultados: se evidenció que a mayor tiempo de frotación continua se incrementa los valores de resistencia adhesiva en todos los grupos de estudio, por lo tanto la aplicación activa aumenta los valores de resistencia de unión dentina –resina. OFL presentó mayor fuerza adhesiva frente a ASB2 y SBU en los tres tiempos de frotación; entre ASB2 y SBU frotando 10 segundos no se encontró diferencia, frotando 20 y 30 segundos SBU presentó mayor fuerza adhesiva.

Palabras claves: Dentina; Adhesivos; Fuerza de adhesión; Adhesión dental.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine and compare the Dentin-Resin adhesive strength in three *Optibond FL kerr* (OFL), *Adper Single Bond 2 3M* (ASB2) and *Single Bond Universal 3M* (SBU) and adhesives each, used in three different times of rub. Materials and Methods: In Vitro, comparative, prospective and cross-sectional experimental study with a non-probabilistic sample for convenience. For this purpose, 9 whole lower human third molars were selected, without clinical features of dental caries or some type of restoration. 3mm ± 1mm corresponding to the occlusal surface was removed, the molars were divided into 9 groups: Groups A, B and C for OFL applying the "first" rubbing 10, 20 and 30 seconds respectively; groups D, E and F for ASB2 applied with rubbing for 10, 20 and 30 seconds respectively; Groups G, H and I for SBU with its possibility of self-etching applied with rubbing during 10, 20 and 30 seconds respectively; subsequently the molars were restored with Filtek Z350 composite resin (3M), and taken to the Isomet type cutting machine to obtain 15 specimens of 1mm2 approx. by study group. The specimens were stored for 24 hours in distilled water, and then subjected to the microtension test with Microtensile Tester (BISCO), at a speed of 0.5mm / min. The difference hypothesis test was performed using the one-factor Anova test and multiple Tukey comparisons, both at a 95% confidence level. Results: it was evidenced that the longer the continuous rub time increases the adhesive resistance values in all the study groups, therefore the active application increases the dentin-resin bond strength values. OFL presented greater adhesive strength against ASB2 and SBU in the three rub times; between ASB2 and SBU rubbing 10 s no difference was found, rubbing 20s and 30s SBU presented greater adhesive strength.

Keywords: Dentine; Adhesives; Adhesion force; Dental adhesion

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Durante la práctica clínica odontológica, existen tratamientos que se realizan de manera común frente a caries, traumatismos y otros tipos de lesiones como son restauraciones a través de resinas compuestas, ya sea de forma directa, semi indirecta o indirecta, estos requieren protocolos estrictos y delicados para lograr el éxito del mismo, además del uso de materiales odontológicos que permitan su unión al tejido dentario, siendo estos los sistemas adhesivos.

Desde 1955 donde Buonocore inició el tratamiento a esmalte dentario para alterar las características de la superficie adamantina químicamente, permitiendo la unión de los diferentes biomateriales de restauración a la superficie adamantina, la adhesión aplicada a la odontología ha cambiado y evolucionado rápidamente [1]. Las rehabilitaciones estéticas adhesivas dependen en su mayoría de los sistemas adhesivos [2]; la evolución de estos materiales está focalizado en distintos aspectos como son; mejoría de sus componentes, simplificación de pasos clínicos, valores de resistencia Adhesiva alta, con el único objetivo de incrementar la longevidad del tratamiento. Para la adhesión a tejidos dentarios, se puede emplear sistemas adhesivos con técnica de grabado ácido ya sea de tres o dos pasos, con técnica sin grabado ácido de dos o un paso y a través de sistemas adhesivos Multimodales o llamados también Universales que permiten al clínico tres posibilidades de uso, con grabado ácido total, grabado selectivo a nivel de esmalte o autograbado [1]. Estudios relacionados a la adhesión presentan que, a nivel del esmalte dental existe estabilidad, a diferencia, en dentina la adhesión aún es sensible, impredecible e inestable [3,4], más aun cuando se trata de una

dentina profunda donde hay presencia de mayor humedad por la cercanía a los túbulos dentinarios. Los nuevos agentes adhesivos Multimodales producen desmineralización e infiltración de los monómeros de resina en forma simultánea, cuentan también, con la incorporación de monómeros funcionales que permiten una retención química con la hidroxiapatita y la posibilidad de no grabar la dentina; por lo que este adhesivo, cuando se está frente a dentina, resulta ser atractiva por reducir la posibilidad de sensibilidad [5]; sin embargo, esta evolución de los sistemas adhesivos no significa, necesariamente, que sea proporcional a la mejora en la fuerza adhesiva.

La manera de cómo debe ser aplicado un sistema adhesivo en dentina involucra protocolos muy ordenados y exigentes, haciendo uso de unidades de polimerización en condiciones óptimas y adhesivos correctamente almacenados. Trabajos publicados, a nivel de dentina, describen como una de las causas de fracaso de las restauraciones directas realizadas con resinas compuestas, al desprendimiento de la restauración, según diferentes autores este fallo adhesivo podría ser debido a un error en la forma de aplicación del sistema adhesivo [6];

La resistencia adhesiva a nivel de la interfase dentina-resina empleando diferentes sistemas adhesivos asociados a distintos protocolos de aplicación, son muy estudiados, uno de ellos son investigaciones asociadas al tiempo de aplicación en forma activa (frotando) en un sistema adhesivo cuando se está frente al sustrato dentinario. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la resistencia adhesiva dentina-resina de tres sistemas adhesivos empleados en nuestro medio: *Optibond FL* (Etch & Rinse de tres pasos), *Adper Single Bond 2* (Etch & Rinse de dos pasos) y *Single Bond Universal* (con su posibilidad de autograbado) aplicados en forma activa a través de frotación en tiempos diferentes (10, 20 y 30 segundos), a través del test de microtensión introducido por Sano y Col [7] en el año 1994.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la resistencia adhesiva Dentina-Resina de tres Sistemas Adhesivos utilizando tres protocolos diferentes de aplicación, mediante el test de Microtensión?

1.3 Justificación Teórica

Ante restauraciones directas con resina compuesta, existen diversos factores que podrían conducir al fracaso de dicha restauración, como es el nivel de resistencia adhesiva que presenta cada adhesivo tanto en esmalte como en dentina, a este último se le conoce como un sustrato desfavorable por su condición natural húmeda, involucrando procedimientos clínicos estrictos y el empleo de adhesivos con valores de resistencia adhesiva que contribuyan al éxito de la restauración. Estos valores deben de ser tomados en cuenta por el clínico al momento de seleccionar un sistema adhesivo, preferentemente valores arrojados en estudios independientes. La evolución de los sistemas adhesivos permite la incorporación de "nuevos" sistemas llamados Multimodales, con características propias, como ser empleado previo grabado ácido total, grabado selectivo o autograbado, ante ello; surge la interrogante sobre el nivel de resistencia adhesiva, comparado con otros sistemas Etch & Rinse bastante empleados en nuestro medio, asociado a ello el tiempo de frotación en el momento de aplicar el adhesivo.

1.4 Justificación Práctica

Las lesiones cariosas, no cariosas y fracturas dentales asociados o no a sintomatología, que en su mayoría involucran al sustrato dentinario, son los motivos de consulta más comunes para el cirujano dentista; donde una de las alternativas de tratamiento son las restauraciones directas con resina compuesta. Por lo general, los pacientes no presentan conocimientos sobre los procedimientos propios que involucra cada tratamiento, a cambio muestran expectativas que se reduce a tres puntos, calmar la sintomatología (si está presente), mimetización- anatomía de la restauración (estética) y longevidad del mismo; el encuentro de estos tres puntos conduce a la satisfacción por parte del paciente. Realizar estudios para conocer valores adhesivos de sistemas con mayor uso en nuestro medio y ello asociarlo al modo de aplicación permite contribuir a incrementar la longevidad de las restauraciones y de esta forma realizar tratamientos exitosos desde el punto de vista del paciente.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Evaluar la Resistencia Adhesiva dentina-resina de tres sistemas adhesivos utilizando tres protocolos diferentes de aplicación, mediante el test de Microtensión.

1.5.2 Objetivos Específicos

-Identificar la resistencia adhesiva dentina-resina del sistema adhesivo Etch & Rinse de tres pasos *OptiBond FL (Kerr),* aplicando activamente en forma de frotación continua durante 10, 20 y 30 segundos.

- Identificar la resistencia adhesiva dentina-resina del sistema adhesivo Etch & Rinse de dos pasos *Adper Single Bond 2 (3M),* aplicando activamente en forma de frotación continua durante 10, 20 y 30 segundos.

- Identificar la resistencia adhesiva dentina-resina del sistema adhesivo Multimodal *Single Bond Universal (3M)* con su posibilidad de autograbado, aplicando activamente en forma de frotación continua durante 10, 20 y 30 segundos.

-Comparar la resistencia adhesiva dentina-resina en los diferentes grupos de estudio.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Bardales C y Col (2018). Evaluaron la resistencia de unión al microcizallamiento en esmalte y dentina empleando dos sistemas adhesivos con presencia de monómeros funcionales: Scotchbond Universal (MDP) y Palfique Universal (3D-SR), emplearon 48 terceras molares humanas siguiendo criterios de inclusión y exclusión. La muestra fue dividida en 2 grupos para esmalte y dentina, a su vez cada grupo fue subdividido en 2 subgrupos de 12 molares cada una. Para la preparación en esmalte las muestras fueron seccionadas en forma transversal y para la preparación en dentina las muestras fueron lijadas en forma paralela al plano oclusal. Todas las muestras fueron fijadas en cilindros de PVC de 1 cm de alto y 3 cm de diámetro de acrílico autopolimeizable. Siguiendo las indicaciones de los fabricantes aplicaron los diferentes adhesivos en esmalte y dentina y fotocuradando, posterior aplicaron una capa de resina fluida. En los grupos de esmalte y dentina. Las muestras fueron llevados a una máquina de corte universal (ODEME, Brasil), aplicaron una fuerza de microcizallamiento a una velocidad de 0.75 mm/min, con una célula de carga de 500 N, hasta que ocurrió la falla adhesiva y se obtuvieron valores expresados en megapascales (MPa) donde obtuvieron valores de resistencia de unión mayores en dentina comparadas con el adhesivo que presenta MDP, sin embargo en esmalte no reportaron diferencia significativa [8].

Cruz y col. (2017). Ejecutaron un estudio comparativo para determinar la resistencia adhesiva a fuerzas de cizalla empleando un sistema adhesivo de grabado total y autograbante asociado a la desproteinización con hipoclorito de sodio al 5.25% en sustrato dentinario, la muestra fue de 31 molares humanos recientemente extraídos seccionados mesiodistalmente y vestibulolingual obtuvieron 124 especímenes mantenidos a una temperatura de 36^0C por 24 h; la muestra fue clasificada en 4 grupos A: *Prime and Bond*, B: NaOCl + *Prime and Bond*, C: NaOCl + *Xeno IV* y D: *Xeno IV*;

el grupo A fue grabada la dentina con ácido fosfórico por 15s, lavado y secado, posteriormente colocaron el adhesivo frotando con microbrush por 20s para su posterior fotocurado emplearon una unidad de polimerizacion *Bluephase* C8 (Ivoclar) con 600 Mw/cm^2 durante 10s con una distancia de 2mm, en el grupo B iniciaron con desproteinización de dentina con NaOCl al 5.25% posteriormente continuaron de la misma manera que el grupo A. En el grupo C desproteinizaron con hipoclorito de sodio al 5.25%, lavaron y secaron, posteriormente aplicaron el adhesivo de autograbado frotando en dentina por 15s, añadieron una segunda capa de adhesivo y fotocuraron con una unidad de polimerizacion *Bluephase* C8 con 600 Mw/cm^2 durante 10s con una distancia de 2 mm, en el grupo D procedieron realizar el mismo acto que el grupo C con la diferencia que este grupo no desproteinizaron la dentina; en los cuatro grupos formaron un cilindro con resina compuesta *ESTHET-X HD*(*Dentsply*), las muestras fueron almacenados en un horno por 24 horas con 100% de humedad, llevándose a la máquina con una velocidad de 1mm/min. Dando como resultados, grupos: A: 6,26 B: 7,71 C: 12,03 y D: 15,06 en MPa. Para el grupo C y D (con adhesivo autograbante), encontraron diferencias estadísticamente significativos para la dentina. Concluyeron que existe una diferencia estadísticamente significativa del adhesivo autograbantes frente al adhesivo de grabado total ante fuerza de cizalla. También concluyen que la aplicación de NaOCl al 5.25% incrementa la resistencia adhesiva en ambos sistemas adhesivos estudiados [9].

Lizama y col. (2017). Compararon los valores de resistencia adhesiva a través del test de microtensión en restauraciones de resinas directas empleando el adhesivo *Single Bond Universal* con protocolo de grabado total y autograbante, emplearon 20 terceros molares distribuidos en dos grupos, fueron recortados con maquina recortadora hasta la unión del tercio oclusal y tercio medio coronario. En el grupo 1 realizaron protocolos de grabado total, en el grupo 2 el protocolo autograbante, luego aplicaron resina compuesta con la técnica incremental fotocurando 20s cada incremento con una lámpara de 1100 mW/cm2. Las muestras fueron sometidas al test de microtension, emplearon los test de Normalidad de Kolmogrob y Smirnov y la prueba TStudent para el análisis estadístico. Los resultados para el grupo 1 fue una media de valores de resistencia adhesiva microtraccional de 27.06N y para el grupo 2 de 22.55N, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre ambos

grupos. Concluyeron que los niveles con mayores valores de resistencia adhesiva microtraccional fueron para las muestras en que aplicaron el protocolo de grabado total [10].

Reyes (2017). Comparó la resistencia a la tracción de sistemas adhesivos de grabado total de dos y tres pasos en sustrato dentinario, empleó 30 premolares que fueron seccionadas por oclusal hasta exponer la dentina. La muestra fue dividida en dos grupos iguales grupo A empleó técnica de grabado total empleando el adhesivo *Syntac* (tres pasos) Grupo B empleó la técnica de grabado total empleando el adhesivo *Tetric N Bond* (dos pasos) A cada sistema adhesivo aplicó un cilindro de resina *Tetric N-Cream*, construyó en dos incrementos de 2 mm cada uno, teniendo como resultado 4 mm de diámetro y 4.1 mm de altura. En el cilindro colocó un perno para realizar la prueba de tracción, los cuales fueron sometidos a una fuerza de tracción utilizando una máquina de ensayos universales marca *MTS*, de 100 kg, a una velocidad de 0,50 cm/min. El promedio de resistencia adhesiva a la tracción para el adhesivo de grabado total de tres pasos fue de 15,49 MPa, para el adhesivo de grabado total de dos pasos registró un valor promedio de 10,26 MPa. encontró diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos, concluyó que existe mayor resistencia adhesiva con el grupo A [11].

Cosio y col. (2016). Compararon la resistencia adhesiva a dentina en dos tipos de resina fluida, estudio tipo experimental, comparativo y prospectivo, con muestreo no probabilístico. Utilizaron 24 premolares humanos recientemente extraidos por indicación ortodontica, estos fueron seccionados en forma longitudinal obtuvieron en cada uno dos trozos similares de dentina, en uno de los trozos adhieron resina compuesta en un área de 2.5 x 5.5 mm y de 5 mm. de grosor aplicado por incrementos oblicuos, con la técnica de grabado total, en la otra mitad de las mismas dimensiones aplicaron la resina autograbante; posterior fraccionaron los especímenes en una caja tensional. Los resultados fueron analizados utilizando *T de students* para muestras apareadas. Obtuvieron una media para la resina *DYAD FLOW* de 5,8350 ± 2.06496 MPa. para la resina *FILTEK Z350 XT* una media de 11,0562 ± 2.54877, encontraron una diferencia estadísticamente significativa, siendo mayor la media que presenta la resina *FILTEK Z350 XT*. Concluyeron que la resistencia adhesiva presentada por *FILTEK Z 350 XT* que usa protocolo de grabado total presentó significativamente

mayor fuerza de adhesión a dentina que la resina *DYAD FLOW* que usa protocolo autoadhesivo [12].

Verastegui y col (2016). Comparó mediante un estudio experimental tipo descriptivo transversal con muestreo probabilístico la resistencia adhesiva a la tracción en dentina empleando sistemas adhesivos *Adper Single Bond 2* y *Adper Prompt L-Pop*, empleó 40 molares humanas recientemente extraidas que fueron seccionadas en sentido vestíbulo lingual obteniendo dos mitades donde fueron eliminados los restos de la pulpa dental, sobre ello confeccionó los cuerpos de resina en forma de cilindro que se adhieron a la dentina con dos técnicas diferentes en 40 mitades, realizó la aplicación de sistema adhesivo con técnica de autograbado, en las 40 mitades restantes realizó la técnica de grabado total. Resultados, encontró 14.52 Mpa y 15.45 Mpa de resistencia adhesiva para *Adper Single Bond 2* y *Adper Prompt L-Pop* respectivamente, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en la resistencia adhesiva entre ambos grupos [13].

Ureta (2015). Compararon el espesor de película en los ángulos internos y piso de la cavidad empleando sistemas adhesivos *Adper single Bond 2* y *Single Bond Universal*; a nivel de dentina ambos fueron aplicados frotando 20 s y 25 s respectivamente, para ello empleó 20 primeras premolares superiores divididos en 2 grupos de igual cantidad de muestras, todas las muestras fueron preparadas de forma estandarizada clase I de Black, grupo 1: *Adper Single Bond 2* aplicado en dentina frotando por 20 s grupo 2 corresponde al sistema adhesivo de autograbado *Single Bond Universal*, donde el adhesivo fe aplicado en dentina frotando por 25 s. Las muestras fueron incluidas en bloques de resina acrílica para que luego sean sometidas a corte con una maquina Isomet, para posteriormente ser sometidas a microscopio electrónico *Zeiss (Leo 420)* en el que midió el espesor de la película formado en el ángulo interno y piso de la cavidad. Los resultados para el grupo 1 presentaron un promedio de espesor de la película de 5.60 µm en piso de cavidad y 27.66 µm en ángulo interno. Para el grupo 2 obtuvieron un promedio de 1.59 µm en piso de cavidad y 18.66 µm en ángulo interno. Concluyeron que en ambos grupos existe diferencia especialmente en el ángulo interno que podría tener repercusiones en la longevidad de las restauraciones [14].

Zamora (2015). Evaluó el grado de resistencia adhesiva en restauraciones de resina compuesta realizadas a nivel de dentina y esmalte, empleando adhesivo multimodal (*Single Bond Universal, 3M*) empleando con y sin grabado previo. Utilizó 25 molares donde en cada uno realizó un corte en sentido mesio distal para la obtención de 50 muestras, en cada una de ellas eliminó restos de la cámara pulpar, quedando una superficie aplanada y lisa. La muestra fue dividida aleatoriamente en dos grupos iguales. Un grupo corresponde a la parte del corte vestibular, donde aplicó adhesivo *Single Bond Universal (3M*) con grabado total, sobre la superficie, confeccionó un cilindro de resina compuesta *Z-350*, (3M) en 3 incrementos uniformes de 6mm de diámetro por 4 mm de altura. En el grupo del fragmento palatino empleó el adhesivo *Single Bond Universal (3M/ESPE)* de la misma manera pero sin uso del ácido. Las muestras fueron almacenadas con 100% de humedad ambiental a 37ºC por 48h. En la cara libre creó un manguito de resina compuesta de 8 mm de diámetro por 1 cm de longitud, que fue cubierto con acrílico autopolimerizable, Las muestras fueron llevadas a una máquina de ensayos Universal *TINIUS OLSEN H5K-S*, con una fuerza de cizalla de 200 kg a una velocidad de 0.2 cm./min., hasta la separación. Obtuvo Como resultado, que el promedio de la resistencia adhesiva para la técnica con grabado ácido previo fue de 23.75 MPa, mientras que la técnica sin grabado acido previo fue de 23.66 MPa en promedio, concluyó que no existe diferencia clínica y estadísticamente significativa [15].

Maldonado A. (2014). Empleó el adhesivo *peak universal bond* con y sin grabado ácido previo para estudiar la resistencia adhesiva en resinas compuestas. Empleó 30 molares cortadas (hemidientes) en sentido longitudinal obteniendo 60 muestras divididos en dos grupos iguales donde en un grupo aplicó el adhesivo con grabado previo y en el otro grupo sin grabado, en todas las muestras preparó un cilindro de resina compuesta con medidas iguales. Posteriormente las muestras fueron testeadas en una máquina de ensayos universal *Tinius Olsen H5K-S* con una fuerza de cizalla variable a una veloc. de 1mm/min. Dentro de los resultados no encontró diferencias significativas en ambos grupos ya que el valor promedio de resistencia adhesiva encontrada con grabado previo fue 17.6 MPa y sin grado previo fue 19 MPa [16].

Monsalves y Col. (2013). Realizaron un estudio tipo cuasiexperimental, evaluaron resistencia adhesiva y sellado marginal en dentición primaria y definitiva empleando un adhesivo Etch and Rinse, para ello utilizaron 20 piezas de cada dentición que fueron cortadas en sentido longitudinal, para luego aplicar el adhesivo con técnica de grabado total, posteriormente confeccionaron un cilindro de resina compuesta. Luego de la confección de los cilindros de resina, todas las muestras fueron llevadas a la máquina de ensayos universales Tinius Olsen donde aplicaron una fuerza de cizalla de 200 Kg a una veloc. de 0,2cm/min. El valor promedio de la resistencia adhesiva ante fuerzas de cizalla en dentición primaria fue de 8.49 MPa, y para la dentición definitiva fue de 9.52 MPa [17].

Barcellos y Col. (2013). Evaluaron la resistencia de unión de dos sistemas adhesivos *Clearfil SE Bond (CL)* y *Adper Single Bond 2(SB)* en sustrato de esmalte y dentina, en función a la asociación o no del láser Nd:YAG , con tiempo de almacenaje en agua destilada por 24 h y 12 meses, emplearon 240 dientes bovinos con superficie de esmalte y dentina, estos fueron divididos en 4 grupos con 15 muestras para cada sustrato, confeccionaron restauraciones de resina compuesta (Z-350). Posterior fueron almacenadas durante 24 h y 12 meses en agua destilada a 37º C, luego fueron realizados los cortes en los dientes con una máquina de corte tipo *isomet*, para la obtención de las muestras con un área adhesiva de aproximadamente 1 mm^2, seguido del test de microtensión, posteriormente fue visto en microscopio electrónico para el análisis de la interfase adhesiva. Concluyeron que a nivel de esmalte y dentina observaron diferencias significativas en los dos tiempos de almacenamiento (24 h y 12 meses) [18].

Roms (2013). Evaluó resistencia de unión en cuatro adhesivos autograbantes: *Single Bond Universal* (SBU), *Optibond All in One* (OAO), *Clearfil S Bond Plus* (CSB) y *XP Bond* (XP) según dos métodos de aplicación con fricción y sin fricción, en esmalte dental. Empleó 31 dientes anteriores de bovino, que fueron sumergidos en acrílico (5cm x5cm), los dientes fueron separados en dos grupos donde los adhesivos serán aplicados con fricción y sin fricción y dentro de ella un grupo control, en el primer grupo empleó el protocolo de aplicación con fricción, y en el segundo grupo el protocolo de aplicación sin fricción, posteriormente colocó un bloque de resina *solare* (GC). Los dientes fueron almacenados por 24 h en agua a $37^{O}C$, para luego obtener

cortes de 1mm^2 aproximadamente de área trasversal llamados especímenes, donde aplicó el Test de Microtensión. Para el análisis estadístico empleó la prueba de Kruskall Wallis p<0,05 y Mann Withney. Concluyó que existe diferencia estadísticamente significativa en los adhesivos autocondicionantes empleados con y sin fricción [19].

Monsalves y col. (2011). Realizaron un estudio tipo experimental evaluando la resistencia adhesiva en dentina empleando adhesivo Etch and Rinse de grabado total y sef Etch, para ello utilizaron 24 molares cortados longitudinalmente para la obtención de 48 hemidientes donde a nivel de dentina aplicaron los adhesivos a estudiar respetando su protocolo de aplicación, posteriormente crearon resina compuesta de 3 mm. de grosor y 6 mm y de diámetro. Las muestras fueron puestas por 48 h a 37°C y 100% de humedad relativa, luego fueron llevados a una máquina de ensayo universal *Tinius Olsen*, con una fuerza de cizalla de 200kg. El valor promedio de resistencia adhesiva a la fuerza de cizalla para el adhesivo de grabado y lavado fue de 15,21 MPa mientras que el adhesivo autograbante obtuvo un promedio de 12.84 MPa. [20].

Lafuente (2010). Evaluó la fuerza adhesiva dentina- resina empleando tres sistemas adhesivos *Prime &Bond* (Dentsply), *Single Bond 2*(3M) y *Excite* (Vivadent) con dos y tres capas de adhesivo aplicados con frotación durante 10 segundos; empleó 30 molares y premolares recientemente extraidos, la muestra fue dividida en tres grupos iguales, cada grupo fue dividido en dos sub grupos, en el primer subgrupo la dentina fue grabada con ácido fosfórico al 35% por 15 s, lavado por 20 s y secado con torundas de algodón, aplicó el adhesivo frotando durante 10 segundos, eliminó el exceso con leve corriente de aire inmediatamente aplicó una segunda capa de la misma forma que el primero, para luego sea fotocurado por 20 segundos con una lámpara de intensidad de 1200mW/cm^2, al segundo grupo de cada sub grupo realizó el mismo procedimiento añadiendo una tercera capa de adhesivo, posterior añadió resina Z 100 a todas las muestras formando un cilindro de 4 mm de alto y 2 mm de diámetro, cada incremento fue fotocurado durante 20 segundos; todas las muestras fueron almacenadas en agua a 37° C por 7 días, luego fueron llevadas a una máquina de pruebas universal (fuerza de cizalla) a una veloc de 0.1 cm/min hasta lograr su falla, la fuerza adhesiva fueron calculadas en MPa. Se calcularon los promedios y se

analizaron las diferencias con un análisis de varianza de dos vías, y los promedios comparados con el test de *Tukey-Kramer*. Ambos análisis se realizaron a un nivel de significancia de 0.05. Los resultados arrojaron que en los tres grupos de estudio se incrementó la fuerza adhesiva cuando se añade una tercera capa de adhesivo, existiendo diferencias estadísticamente significativas (PBNT 2 capas: 19,3; PBNT 3 capas: 32,6; SB2, 2 capas: 32,1; SB2, 3 capas: 38,2; EXC 2 capas: 38,2; EXC 3 capas: 44,7.) [21].

Ruan y col (2006). Evaluaron la resistencia adhesiva del sistema Self Etch: *Bond* (Vigodentâ) y *XENO III* (Dentsply, después de la aplicación de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,2% durante 40s, emplearon 35 molares humanos, donde 3mm de la superficie oclusal fueron cortado. Cada grupo tuvo 5 terceras molares, GI fue el grupo control; GII y GIV aplicaron adhesivo Self Etch sin uso de hipoclorito; GIII y GV: emplearon adhesivos Self Etch después del uso de hipoclorito. Las molares fueron restauradas con resina compuesta Filtek Z-250 para luego ser llevadas a una máquina de corte LABCUT 1010 (Extec,USA), y luego a una máquina de ensayos universal (EMIC®). Dentro de los resultados el sistema adhesivo Self Etch XENO III después del uso del hipoclorito obtuvo valores mayores de resistencia adhesiva, 43,60±11,44 MPa, valores menores fue obtenido para el adhesivo sin desproteinización (28,74±12,40MPa) encontrando diferencias significativas en ambos grupos [22,]

2.2 Bases Teóricas

2.2.1.- Características de los tejidos dentarios: esmalte y dentina

Conocer los sustratos dentarios es de vital importancia para el éxito clínico en la realización de restauraciones adheridas directas e indirectas [23].

2.2.1.1 Esmalte

El esmalte dental es un sustrato compuesto básicamente por materia inorgánica (96%), formado principalmente por hidroxiapatita, fluoruro y formas carbonatadas, también contiene calcio y fosfato en altas concentraciones. Y un 4% de contenido orgánico distribuido en 1% de proteína y 3% de agua [24]. Gracias a su naturaleza inorgánica, el esmalte presenta un aspecto translúcido, permitiendo obtener su color característico proveniente de la dentina subyacente. Los prismas se extienden desde la unión

amelodentinaria hasta la superficie oclusal. Los prismas se mantienen unidos a través de una capa delgada menor a 1mm de material orgánico basado en proteína [24]. El esmalte dental es considerado un tejido tipo duro- quebradizo gracias a sus propiedades de dureza, módulo elástico en un rango entre 70 y 120 GPa., y su fuerza de tensión baja, esta característica es compensado por la resistencia ante fuerzas compresivas de la dentina [25].

2.2.1.2 Dentina

El sustrato dentinario es un tejido altamente permeable [3], presenta mayor tamaño dentro de la pieza dentaria, presenta crecimiento de tipo aposicional, y en piezas jóvenes existe menor volumen [26]. La dentina contiene materia inorgánica (70%) y orgánica (20%), dentro de este, su principal contenido es el colágeno tipo I y un 10% de agua [16].

Estructuralmente presenta una matriz mineralizada, que es la materia inorgánica y la materia orgánica donde se encuentran túbulos dentinarios, estos túbulos recorren todo su espesor y a su vez contienen procesos odontoblásticos [23]. Los túbulos dentinarios van desde la cámara pulpar y finalizan en el límite amelodentinario, en su interior contienen a las prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, gracias a la presencia de los túbulos dentinarios existe una comunicación estructural y funcionalmente entre la pulpa y la dentina [27], las proteínas no colágenas presente en esta matriz orgánica corresponde a proteínas como fosforiladas y no fosforiladas, proteoglucanos, amelogenina, factores de crecimiento e inhibición, metaloproteinasas, fosfatasa alcalina y proteínas derivadas del suero [23]. La materia inorgánica está formada principalmente por cristales de hidroxiapatita en un 70%, estos cristales son similares a los cristales ubicados en esmalte sin embargo son más pequeños y más delgados [28].

El diámetro de los túbulos dentinarios varía entre 2.5 a 5 μm cerca a la pulpa y entre 0.8 a 1μm cerca al límite amelodentinario [29]. La llamada dentina intertubular está ubicada entre túbulo y túbulo, presentan como componente principal a las fibras de colágeno en forma de red donde alojan a los cristales de hidroxiapatita [26].

El módulo de elasticidad de la dentina compensa en forma directa a la falta de elasticidad por parte del esmalte amortiguando el proceso de la masticación, siendo este la mayor ventaja. La permeabilidad es mayor por la presencia de túbulos

dentinarios que facilitan el ingreso o paso de soluciones, microrganismos, medicamentos, etc [30].

Tipos de Dentina

Dentina Superficial

Compuesto mayormente de dentina intertubular(90%) [3], responsable de la adhesión dentinaria, por lo que presenta pocos túbulos dentinarios de 8-9 μm [31].

Dentina Profunda

La dentina profunda presenta mayor número y mayor diámetro de túbulos dentinarios de 80 a 90 μm y poca dentina intertubular, un 12% [31].

2.2.2 Adhesión Dental

Definición: La American Society for Testing and Materials, define a la adhesión "como el estado o fenómeno mediante el cual dos superficies diferentes se mantienen unidas a través de fuerzas interfaciales, ya sean fuerzas físicas, químicas o por la interacción de ambas" [26].

La adhesión en Odontología, se define como la unión de un material sobre la superficie dental [26].

2.2.3 Tipos de adhesión

2.2.3.1 Adhesión Física

Este tipo de adhesión se da a través de una traba mecánica, puede realizarse de dos maneras, a nivel macroscópico y a nivel microscópico [23].

La adhesión macroscópica llamada también macromecánica, se presenta en restauraciones que no emplean sistemas adhesivos a tejidos dentarios para conseguir la adhesión al mismo [32].

La adhesión microscópica llamada también micromecánica, se da gracias a las irregularidades en la superficie a adherir [32].

2.2.3.2 Adhesión Química o específica.

Este tipo de adhesión se logra gracias a los enlaces químicos iónicos o covalente (primarios) o puentes de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals (secundarios) entre dos superficies en contacto [32].

La adhesión física y química son perfectamente compatibles y podrían darse en forma simultanea mejorando las fuerzas adhesivas[32].

2.2.4 Factores que Favorecen la Adhesión

2.2.4.1 Factores Dependientes de la Superficie.

Contacto Íntimo

Si no se cuenta con esta característica, la reaccion química y la traba mecánica es dificil de darse. [32].

Limpio y seco

Las superficies siempre deben encontrarse limpias y secas, considerando el tipo de tejido, así la superficie adamantina podrá secarse a diferecia de la superficie de dentina donde el resecado podria conducir a una sensibilidad postoperatoria [32].

Con Alta Energia Superficial

Para lograr adaptación intima de un biomaterial sobre la pieza dentaria, la superficie del diente debe tener alta energía superficial. Esto permite al diente tener mejor humectación o impregnación, y consecuentemente, ser más favorable la adhesión [33].

Potencialmente Receptivos a uniones Químicas

El esmalte y la dentina presentan esa particularidad, a través de los radicales hidroxilos de la hidroxiapatita en esmalte y en dentina a través de los radicales de las fibra de colágeno: carboxilos, aminos y cálcicos [32].

Superficies Lisa y Superficie Rugosa

Para una adhesión tipo micromecanica es fundamental que la superficie presente irregularidades para que en ella ingrese el adhesivo. Para una adhesión tipo química,

es importante una superficie lisa para que el agente adhesivo pueda correr y adaptarse sin dificultad [33].

2.2.4.2 Factores Físicos que dependen del sistema adhesivo

Tensión superficial

Mientras más bajo sea la tension superficial existirá mayor posibilidad que el adhesivo moje o humecte una mayor área del diente, ello favorece la unión quimica o fisica [33].

Capacidad de mojado

Mientras más fluido sea el material tendrá mayor humectancia, por lo que mejor será el contacto, favoreciendo una unión química o fisica[26].

Ángulo de contacto

Es el ángulo entre el sustrato y el adhesivo. Para lograr mejores niveles de humectancia y con ello mayor contacto fisico- quimico, este ángulo debe ser lo mínimo posible [26].

Estabilidad dimensional

Los sistemas adhesivos deben de tener el mínimo cambio dimensional en el momento de endurecer [26].

Biocompatibilidad

Los sistemas adhesivos deben ser biocompatibles tanto con el diente como con los demás tejidos orales [33].

2.2.5 Mecanismo de adhesión

Adhesión a Esmalte

Buonocuore (1955), realizó uno de los avances más sobresalientes a nivel de la Odontología, ello lo logró gracias al tratamiento de la superficie del esmalte con el empleo del ácido fosfórico disolviendo la hidroxiapatita y creando microporosidades favoreciendo la adhesión en ella [23]. La Academia de Odontología General, marca el desarrollo del Dr. Michael Buonocore como uno de los avances científicos más

relevantes en el campo odontológico del siglo XX, marcando el inicio de la odontología adhesiva [34].

La adhesión a nivel de esmalte se da principalmente de manera micromecánica, gracias a la pérdida de minerales por acción del ácido fosfórico, donde se infiltrará monómeros generando una traba mecánica al lograrse la conversión a polímero gracias a una unidad de polimerización [23.]

Cuando el sustrato adamantino es acondicionado empleando ácido fosfórico en concentraciones de 32% a 37% se produce una reacción ácido-base que elimina la fase mineral produciéndose retenciones aproximadamente de 10 μm de profundidad. Si el lavado es incorrecto quedando restos de ácido, éstos siguen actuando y generan un patrón de grabado no favorable [35].

Otra forma de producir el grabado en esmalte es a través del uso de monómeros ácidos hidrófilos-hidrófugos, es de esta manera cómo actúan los sistemas adhesivos Self Etch (autograbantes), donde al no emplear ácido fosfórico y no lavar el sustrato presentar la ventaja de conservar las sales formadas conservando su carga mineral y su estructura manométrica [23]. La unión a esmalte es de vital importancia para garantizar la preservación de la interfase diente restauración en la cavidad bucal, en condiciones óptimas, por lo que siempre se debe grabar el esmalte con ácido fosfórico para garantizar la adhesión [36].

Adhesión a Dentina

Para el éxito de la interfaz adhesivo–dentina, la forma de cómo aplicar el sistema adhesivo, es de vital importancia, así para autores como Cardona [37], cuando el adhesivo se aplica frotando la superficie se incrementa la fuerza adhesiva, ya que cuando el adhesivo permanece activamente más tiempo en dentina antes de fotocurar, existe mayor penetración del mismo en el enmallado colágeno liberando, a la vez, su solvente [21]. Cabe recalcar que el frotamiento está indicado estrictamente en dentina e incluso los fabricantes frecuentemente lo recomiendan [38].

El uso de los sistemas adhesivos a nivel de dentina, podría realizarse empleado el ácido fosfórico y su posterior lavado del mismo, como son los adhesivos Etch and Rinse llamados también adhesivos convencionales; o emplearse sin la necesidad de realizar el grabado ácido, estos corresponden a los adhesivos Self Etch o adhesivos autograbantes [3].

La adhesión convencional a nivel del tejido dentinario involucra protocolos estrictos, ya que existe la degradación hidrolítica y proteolítica del componente orgánico (colágeno) por parte de enzimas que son liberadas en el momento de la desmineralización, enzimas colagenoliticas como metaloproteinasas que deteriora la interfase adhesiva [2.] Cuando la dentina es sometida al ácido fosfórico se elimina el barrillo dentinario, elimina en gran parte la hidroxiapatita y deja los túbulos más permeables, se requiere de un lavado riguroso pero un secado delicado para evitar el colapso de las fibras colágenas [39].

Actualmente surgen los adhesivos que no requieren grabado ácido protegiendo al colágeno, e incluso mejorando la resistencia adhesiva en algunos casos[3], son adhesivos autocondicionantes, el grabado de estos sistemas de realiza gracias a su contenido de monómeros acídicos funcionales que graban e infiltran a la vez por reacción-integración, generando una capa hibrida con contenido de barrillo dentinario, adhesivo, minerales y matriz de dentina, obstruyendo parcial o total los túbulos dentinarios limitando el movimiento del fluido dentinario, disminuyendo una posible sensibilidad postoperatoria [39].

También se debe de tener en cuenta que las fuerzas de adhesión a dentina disminuye con el tiempo por la degradación hidrolítica de los componentes de la capa hibrida, dicha degradación afecta básicamente al colágeno por parte de las enzimas colagenolíticas principalmente metalproteinasa (MMPs), disminuyendo la longevidad de la adhesión [40].

Existe diferencias entre la fuerza de unión según el tipo de dentina a tratar, la dentina profunda presenta valores inferiores frente a una dentina superficial, estas diferencias están basadas en estudios realizados bajo el test de microtracción [41].

Se debe de tener en cuenta, que no existe consenso en valores referenciales ideales mínimos adhesivos en dentina, así existen autores como Mandri *et al.* [1] que mencionan que este valor, para ser considerado efectivo, debe ser de 17 MPa o superior. Otros mencionan un nivel adhesivo en dentina mínima de 18 MPa de 20 MPa[42], dichos estudios no toman en cuenta a la degradación hidrolítica y la liberación de enzimas colagenolíticas que podrían interferir, de manera negativa, en el éxito de la adhesión[43].

Participación del Barro Dentinario en la adhesión

Cuando la dentina es manipulada manualmente o a través de instrumentos rotatorios se forma una capa de detritus o de desechos orgánicos del diente, compuesto por hidroxiapatita, sangre, saliva, bacterias, etc sobre la superficie, llamada barro dentinario o Smear Layer, que tiene un espesor aproximado de 0,5 μm,. El barro dentinario presenta dos capas amorfas, superficial y profunda, en esta última existe el llamado smear plug que se extiende dentro de los túbulos dentinarios [44].

La eliminación o permanencia del barro dentinario, a través de realizar o no el grabado ácido, depende del tipo de sistema adhesivo a emplear, y es tema de controversia. Existen autores que promueven la eliminación de la capa hibrida y de esta manera facilitar la impregnación del adhesivo a través del colágeno desmineralizado y túbulos dentinarios, siendo ello la esencia de la adhesión convencional. Por otro lado, hay quienes indican la preservación de la capa hibrida para disminuir los pasos y clínicos y minimizar la sensibilidad posoperatoria, favoreciendo a la adhesión autograbante, Self Etch, donde no se requiere el uso del ácido fosfórico [3].

Acción del Ácido Fosfórico Sobre El Tejido Dentinario

El uso del ácido fosfórico en dentina conduce a la formación de la capa hibrida, con su posterior eliminación a través del lavado, todo ello con el objetivo de modificar el tejido dentinario convirtiéndolo en una estructura rugosa con exposición de las fibras colágenas otorgando mayor permeabilidad de la dentina intertubular a través del cual penetra el adhesivo favoreciendo la adhesión [3]. Al eliminar la fase inorgánica de la dentina se crea retenciones que van de un rango de 3 a 11 μm, la posibilidad de quedar espacios sin filtración del adhesivo se asocia a una hipersensibilidad posoperatoria como consecuencia de los estímulos mecánicos o térmicos [3]. Por otro lado el ácido fosfórico produce un aumento del tamaño de los túbulos dentinarios, donde apoyados a la teoría hidrodinámica hay fluido dentario que limita la longevidad del adhesivo [3].

Idealmente, el tiempo de acondicionado en dentina a través del ácido fosfórico al 37% debería ser de 15 s, si el tiempo fuese mayor se podría producir alteraciones dentro de la estructura interfiriendo en los niveles óptimos de adhesión a nivel de este sustrato [45].

Capa Hibrida y la Estabilidad Adhesiva

Actualmente, se conoce que el fundamento de la adhesión a la dentina se da gracias a la capa híbrida, cuyo espesor varía entre 3 a 6 µm, la capa hibrida es un área comprendida entre dentina y restauración [45], presenta tejido orgánico desmineralizado (fibras colágenas desmineralizadas e infiltradas por el adhesivo en estado fluido) [27], se atribuye la pérdida de fuerza y longevidad de los sistemas adhesivos a la biodegradación de la capa hibrida por parte de las enzimas metaloproteinasa [27].

Nakabayashy en 1982 definió a la capa hibrida como una unión del adhesivo con proteínas de tipo colágenas y tipo no colágenas además de sustancia inorgánico de la dentina [45].

Múltiples estudios recientes manifiestan que una unión adhesiva favorable depende de factores controlables como humedad, tipo de adhesivo, nivel de dentina y entrecruzamiento del adhesivo con las fibras colágenas [3].

Aplicación del Adhesivo en Dentina

Uno de los parámetros para el éxito en las restauraciones adhesivas a nivel de dentina, viene a ser la forma de aplicación del adhesivo. Los fabricantes frecuentemente sugieren aplicar los adhesivos efectuando una frotación dentro de la superficie de la dentina para incrementar la fuerza de unión a la dentina, realizar el mismo procedimiento a nivel de esmalte no se sugiere porque se altera el patrón de grabado del esmalte y reducen la unión hacia el esmalte [46].

La forma correcta de aplicar el adhesivo, es de manera muy suave a nivel de esmalte para conservar los prismas del mismo y en dentina frotar por un tiempo prolongado con una bolita de algodón impregnado del adhesivo con el objetivo de obtener una "alfombra" colágena [42].

Una aplicación en dentina del adhesivo sin frotar brinda una fuerza adhesiva menor que cuando es realizado frotando, evidenciando un incremento de fuerza adhesiva cuando se aplica en forma activa a través de una frotación continua [37]. Así también cuando el adhesivo permanece mayor tiempo en dentina, 300 s antes de fotocurar se incrementa la fuerza adhesiva porque permite la liberación del solvente y existe mayor penetración del adhesivo en las fibras colágenas [21].

Cuando se utilizan técnicas diferentes a las recomendadas por el fabricante, se pueden mejorar las fuerzas de adhesión, ya sea incrementando el tiempo de aplicación de

alguno de los componentes o la manera en que el primer o el adhesivo es aplicado [21], Autores sugieren que los sistemas adhesivos que no requieren grabado ácido en dentina, sean aplicados a través de un proceso de frotación por un tiempo mayor a lo determinado porque se requiere que la superficie grabe e infiltre a la vez [47].

Para buscar que todos los sistemas adhesivos sean exitosos a nivel de dentina, se debe de respetar un protocolo clínico que es producto de muchos estudios, como es el tiempo de acondicionamiento ácido, tiempo de lavado, tener en cuenta la humedad de la dentina, aplicación activa del adhesivo (frotación), volatilización máxima del solvente, mayor tiempo de fotocurado, mayor capas de adhesivo, finalizando con la preferencia de un agente totalmente hidrófugo [48].

2.2.6 Sistemas Adhesivos

Los sistemas adhesivos dentarios son combinaciones o presentaciones de monómeros resinosos hidrofílicos e hidrófobos, de diferentes pesos moleculares y diferentes tipos de solventes, que establecen uniones entre el biomaterial restaurador y el sustrato dentinario después de ser polimerizado [49]. Para muchos autores los sistemas adhesivos son considerados como un tipo de resina sin carga que permite la unión entre la resina compuesta y el tejido dentario [28].

El esmalte y la dentina presentan diferencias morfológicas y funcionales, gracias a ello, los sistemas adhesivos evolucionaron mucho, buscando una mejoría en las técnicas de aplicación clínica en sus componentes y funcionamiento del material [1]. Los sistemas adhesivos son biomateriales de uso común e indispensable en restauraciones pero que aún se encuentran en constantes estudios en busca de un protocolo que involucre menor tiempo y mayor nivel adhesivo [1].

2.2.7 Sistemas Adhesivos. Clasificación

Los adhesivos presentan diferentes formas de clasificación básicamente en relación a su contenido y a la forma de presentación. Una forma muy conocida de clasificar es a través de “generaciones” [23], que fue propuesta por Kugel y col. [2] en relación a un orden cronológico en la que fueron apareciendo en el mercado odontológico y como una estrategia de marketing por parte de los fabricantes [23]. Esta forma de clasificar a los

sistemas adhesivos es la más conocida a pesar que no tiene ninguna base científica, donde hasta la actualidad, se puede clasificar en siete generaciones [50].

Sin embargo, existe otra forma simple de clasificar a los adhesivos, asociada a una base científica según el uso o no del ácido fosfórico, ello permite una clasificación en dos grandes grupos, sistemas adhesivos que requiere acondicionado previo llamados Etch and Rinse y sistemas adhesivos que no requiere el uso del ácido llamados Self Etch [23] (autograbantes). La primera también conocida como "técnica de hibridación dentinaria" y la segunda como "técnica de reacción integración" [45].

A la clasificación hecha por el acondicionamiento del tejido, se añade la forma de presentación, específicamente según el número de frascos, composición y número de pasos para su empleo, resultando sistemas adhesivos Etch and Rinse de tres y dos pasos y Self Etch de dos y un paso [23], esta clasificación fue realizada por Van Meerbeek y col., en el año 2013 [23].

Para los sistemas adhesivos autograbados o Self Etch, existe una subforma de clasificarlos, según su acidez (PH), en relación a los monómeros ácidos que contienen [23]. Otra clasificación de los sistemas adhesivos, no menos importante, es en función de la activación, además por la cantidad de dosis que contiene la presentación, pudiendo ser monodosis o multidosis [23]. El empleo de adhesivos con envases monodosis tiene mayores beneficios frente a los multidosis por las siguientes razones: evitan la volatilización del solvente cada vez que se destapa, no requiere de agitarlos para mezclar sus componentes hidrófilos e hidrófubos, y evitan la contaminación cruzada al no manipular frascos; como desventaja se le atribuye a su costo elevado [51].

Actualmente las casas dentales comercializan adhesivos Etch & Rinse y Self Etch, sin embargo la necesidad de mejorar la resistencia adhesiva, el perfeccionar la técnica, disminuir la filtración marginal, entre otros; conlleva al desarrollo de nuevos sistemas adhesivos que incorporan ventajas frente a los anteriores sistemas como es una unión química fuerte y la presencia de silano dentro de su composición, estos sistemas adhesivos llevan por nombre Adhesivos Multimodales [39].

Sistemas Adhesivos Etch and Rinse

Descritos también en la literatura como adhesivos convencionales, requieren el uso del ácido fosfórico al 37% para que estos eliminen en forma parcial la hidroxiapatita que se encuentra en las fibras de colágeno, desmineralizando entre un 3-4 a 9 μm de

profundidad de la dentina; el proceso del grabado también elimina a los detritus formados durante la preparación cavitaria (barro dentinario) [45]; después del lavado y secado suave, las fibras de colágeno conforman un enmallado, donde ingresará el agente imprimante y el adhesivo en forma separada o junta; al polimerizar el adhesivo se creará una traba mecánica en forma de interdigitación entre el adhesivo y la dentina [23]. Estos sistemas adhesivos, fueron comercializados desde el año 1990 [23]., incluyen como primer paso al acondicionado ácido total, que posteriormente requiere de un lavado riguroso; para el grabado se emplea ácido fosfórico en un porcentaje variante de 32 hasta 40% con un pH también variante entre 0,6 y 0.9 [23].

El segundo paso, es la aplicación del "primer" que contiene monómeros hidrófilos, entre ellos se encuentra la resina HEMA (hidroxi-etil-metacrilato) y que posee solventes que puede ser alcohol, acetona o agua. El HEMA contiene un extremo hidrofilico e hidrófobo, donde la afinidad por el agua permite su penetración en dentina húmeda y su terminación hidrófoba permite su unión con el bonding, por lo que el HEMA es el responsable de promover la reexpansión de las fibras colágenas gracias a los solventes que tiene la capacidad de desplazar al agua, preparando de esta manera a todo el enmallado de colágeno para su posterior infiltración de una resina adhesiva llamada "bond" [23]. El tercer paso dentro de este sistema corresponde a la aplicación del adhesivo propiamente dicho llamado "bond" o bonding, con contenido de resina hidrófoba como es el BIS-GMA, y una mínima cantidad de monómeros hidrófilos [23]. El "primer" y el "bond" pueden presentarse en frascos separados o en un mismo envase [23]. Estos adhesivos han logrado valores de resistencia de unión 31 MPa aproximadamente [52,53].

- Etch & Rinse de tres pasos

En este grupo de sistemas adhesivos se emplea los tres pasos de los Etch and rinse grabado ácido, empleo de un "primer" y como tercer paso la aplicación del bonding [1].

Estos sistemas adhesivos tienen el inconveniente de poder ser manejado inadecuadamente, además presenta el riesgo de sobre humedecer o resecar la dentina después del lavado del ácido fosfórico [1].

- Etch & Rinse de dos pasos

Este grupo de sistemas adhesivos involucra dos pasos, emplea primero grabado ácido, luego el adhesivo que contiene el "primer" y el bonding en un solo envase [1]. El sustrato, en especial la dentina debe mantenerse húmeda para conseguir la infiltración completa del imprimante ya que este está unido al bonding, el resecado de la dentina origina que el colágeno de la dentina colapse y no se logre la infiltración del adhesivo [1].

Sistemas Adhesivos Self Etch

Los sistemas adhesivos Self Etch, no requieren del ácido fosfórico, por lo que se les llama de autograbado, la aparición de estos adhesivos muy probablemente fueron impulsados por la necesidad de acortar tiempo clínico, simplificar pasos; los Self Etch presentan ácidos en baja concentración y monómeros acídicos funcionales donde a la vez graban e impregnan el sustrato dental, permaneciendo la hidroxiapatita y el barrillo dentinario disueltos en la capa híbrida que es de menor espesor [23].

Existen autores que sugieren la aplicación de la técnica de grabado ácido selectivo, que consiste en emplear ácido fosfórico a nivel solo del esmalte, seguido de la aplicación del adhesivo Self Etch a nivel de esmalte y dentina [54].

Se podría considerar dos grandes ventajas de los Self Etch: infiltración en forma uniforme y completa, debido a que la desmineralización e infiltración se da en forma simultanea; sin riesgo de deshidratar y colapsar a las fibras colágenas ya que no se emplea ácido fosfórico [23] eliminando el lavado quedando la dentina adecuadamente preparada para recibir al agente adhesivo [1].

Estos sistemas adhesivos pueden presentar distintos niveles de pH, fuerte con pH $\leq$1, moderado con pH$\approx$1,5 y débiles con pH$\approx$2 [45].

- Self Etch de dos pasos

En esta presentación, se tiene un envase que corresponde al "primer autoacondicionante" y otro al bonding [23]. El primer paso correspondiente al uso del "primer" que presenta monómeros acídicos actuando de forma similar al ácido grabador, acondicionando el tejido para la adhesión [1]. Dentro de los adhesivos Self Etch, los de dos pasos son los de que aparecieron primero, por lo que se les conoce también como primera generación de sistemas autograbantes [55].

- Self Etch de un paso

Son los adhesivos de una sola etapa, estos pueden presentarse en uno ("primer" y bonding juntos) o dos envases ("primer" y bonding separados, pero que se requiere mezclarlos para su aplicación), este último requieren su mezcla antes de ser empleado y son los de dos envases los que presentan mayor preservación de contenidos[23].

Estos adhesivos se caracterizan por su fácil aplicación ya que realizan el grabado, imprimación y filtración del adhesivo en un solo paso[1], estos adhesivos son considerados de segunda generación dentro de los sistemas autograbantes[55].

Otra forma de clasificar a los sistemas Self Etch es midiendo el grado de acidez de los monómeros incorporados, considerándose como Fuertes aquellos con pH≤ 1, Intermedios con pH≈1,5 y Débiles pH≥2 [23]

Adhesivos Multimodales o Universales

Son una nueva categoría de sistemas de adhesivos que tienen la particularidad de ser empleados de acuerdo a la situación clínica o según la preferencia del profesional, pudiendo ser aplicados sobre las estructuras dentales aplicando técnica convencional mediante el grabado ácido total, técnica autocondicionante sin uso del ácido o por la técnica de acondicionamiento acido selectivo a nivel de esmalte [56,57]. En la mayoría de sus presentaciones, es de un solo frasco y no requiere de mezclado previo, incorpora una molécula bifuncional Vinil Silano que permite la unión química de sustratos cerámicos como resinosos [58].

El pH de la mayoría de estos sistemas, es mayor o igual a 2; estos presentan monómeros funcionales que se adhieren químicamente al calcio de la hidroxiapapita, dentro de estos monómeros funcionales se encuentra el Metacriloxiddecilfosfato dihidrogenado (10-MDP) [57], la unión química a la dentina se da gracias a la incorporación de compuestos derivados del ácido polialquenoico que producen la unión entre grupos carboxilos del ácido y iones de calcio del tejido dentario [58]. Otro monómero funcional, actualmente patentado por la casa comercial Tokuyama es el 3D SR, el cual presenta grupos fosfato adicionales que unidos a iones de calcio provenientes de sustratos desmineralizados intervienen en la tridimensional de este, permitiendo la formación de una capa adhesiva insoluble[59].

Según Yoshida et al. [60] el monómero MDP tiene la capacidad de interactuar iónicamente con la hidroxiapatita creando una adhesión química, Yokota et.al. [61,61] sostienen que la unión iónica

del monómero funcional con la hidroxiapatita se presenta como nano capas autoensambladas, que consiste en 2 moléculas de MDP uniéndose en forma estable al Ca, formando la sal del compuesto Ca-MDP, y de esta forma proporciona una mayor resistencia a la biodegradación.

Debido a que el nivel de pH de estos adhesivos es menos agresivo que el ácido fosfórico, muchos autores mencionan que estos adhesivos universales parecen no acondicionar correctamente al esmalte, por lo que se sugiere siempre realizar un grabado selectivo previo a esmalte [57].

A pesar de que los fabricantes también lo indican con un grabado acido total, en dentina la adhesión es afectada negativamente, ya que el acondicionamiento previo con ácido fosfórico remueve el calcio de la dentina, exponiendo una malla de fibras colágenas; esta desmineralización puede perjudicar el potencial de adhesión química ya que los monómeros funcionales requieren del calcio [57].

Todos los sistemas adhesivos que se utilizan con técnica autocondicionante, incluido los Universales tienen en su composición grandes cantidades de agua, esta es necesaria para la ionización de los monómeros funcionales [57]. El porcentaje incorporado de agua debe ser rigurosamente determinado y necesario para la incorporación de monómeros funcionales (acídicos) que son los responsables en acondicionar a la dentina, el excedente de agua interfiere en la polimerización completa del adhesivo, llevando a la iniciación de la hidrolisis del adhesivo, por tal razón los adhesivos universales tienen adicionado como solvente alcohol y/o acetona, estos optimizan la eliminación del agua residual al secado y mejora la propiedad de humectación del adhesivo para infiltrar mejor el adhesivo [58].

Estos sistemas adhesivos tienen un complejo requerimiento, por lo que deben contener monómeros hidrófilos para su interacción con la dentina húmeda, pero como se conoce estos también podrían absorber agua y conducir a la hidrólisis del adhesivo, por lo que la presencia a la vez de monómeros hidrófobos es necesaria, ambos monómeros deben de actuar de manera conjunta y sinérgica, después de ser polimerizados puedan formar una unión adhesiva que sea suficientemente hidrófoba y así ser resistentes a una degradación tipo hidrolítica debido a la acción que presenta el agua a través del tiempo, ello es viable por la incorporación de monómeros bifuncionales que permiten la integración a los diferentes sustratos. Los monómeros bifuncionales se basan fundamentalmente en esteres fosfatados que presentan un extremo funcional hidrófilo que tiene reacción con los tejidos dentarios y otro extremo funcional hidrófugo que se

relaciona con la resina cuando se polimeriza. Actualmente existen monómeros bifuncionales cuyas fórmulas aún se encuentran patentados por sus fabricantes, a pesar de ello los agentes de adhesión tipo universales comparten una composición básica que consiste en una combinación de BisGMA (monómero hidrófugo) y de HEMA (monómero hidrófilo) [58]. Estos nuevos sistemas adhesivos son compatibles con las distintas resinas compuestas y cementos resinosos y presentan un acidez suficiente y necesaria para la utilización como agentes autograbantes, no excediendo esta acidez ya que podría interferir con los iniciadores que son necesarios para el proceso de polimerización de los cementos de resina de activación química y dual [58].

Debido al corto tiempo que llevan estos adhesivos en el mercado, aún no existe suficiente evidencia científica que evalué su comportamiento [63].

ADICIÓN DE CARGA A LOS SISTEMAS ADHESIVOS

Algunas casas comerciales incorporan minerales como sílice, bario en tamaño nanométrico a los adhesivos, con el objetivo de formar una interfase de unión resistente a las tensiones generadas por la contracción producto de la polimerización a nivel de la capa hibrida y aumentar la viscosidad del material dejando capas de adhesivo de mayor grosor, que al tener un módulo de elasticidad intermediario entre la resina compuesta y la dentina desmineralizada, funcionaría como una "capa elástica" resiliente, capaz de absorber parte de las tensiones masticatorias y evitando la concentración de tensiones en la interfase adhesiva [64].

Perfil técnico de los adhesivos empleados en el presente estudio, según fabricantes [65,66,67]

	COMPOSICION	**INSTRUCCIONES**
Adhesivo Optibond FL	-Resinas de dimetacrilato. -HEMA - Fotoiniciador - etanol - Bario	**-** grabado total durante 15 segundos. - lavado durante 15 segundos - secado por 3 segundos (jeringa triple) - aplicar "primer" con ligero movimiento cepillado por 15 segundos - secado por 5 segundos (jeringa triple) - aplicar adhesivo con ligero movimiento cepillado por 15 segundos - secado por 3 segundos (jeringa triple) - fotocurar durante 20 segundos.
Adhesivo Adper Single Bond 2	**-**Resinas de dimetacrilato. -HEMA -Copolimero vitrebond - Fotoiniciador - etanol - agua - Sílice	Restauraciones directas fotopolimerizable sector anterior y posterior: - grabado total 15 segundos - lavado durante 10 segundos - secado sin aire - Aplicación doble del sistema adhesivo por 15 segundos - airear 5 segundos - fotocurar durante 10 segundos.
Adhesivo Single Bond Universal	**-**Monómero de fosfato MDP -Resinas de dimetacrilato - HEMA -Copolimero vitrebond - Fotoiniciador - etanol - agua - Silano	Grabado total, de grabado selectivo de esmalte o técnica de autograbado: - Aplicar el adhesivo con el aplicador desechable cubriendo la superficie sustancia del diente y friccionar durante 20 segundos. - Airear durante 5 segundos - Fotocurar el adhesivo durante 10 segundos

2.2.8 Fenómeno de Degradación Hidrolítica del Adhesivo en la Interfase Resina-Dentina

La hidrólisis viene hacer un proceso químico donde hay ruptura de enlaces covalentes moleculares que conforman un polímero, por incorporación de agua a través de enlaces tipo éster [55].

La presencia de agua en el sustrato dentina presenta un objetivo fundamental para la optimización de la adhesión, y a la vez conduce situaciones que promueven mecanismos de degradación de la interfase adhesiva, porque además de interferir en la infiltración de monómeros y alterar la polimerización durante la hibridización, se sabe que el agua daña al adhesivo degradando a las fibras de colágeno a lo largo del tiempo, comprometiendo la longevidad del mismo [43].

La adhesión entre las resinas hidrófilas y la dentina se encuentra sometida a una degradación permanente de la capa hibrida, cuya intensidad aumenta en función del tiempo transcurrido. Esto es producto de la actividad de las metaloproteinasas, de las catepsinas y otras enzimas colagenolíticas, responsables de la destrucción paulatina de la matriz colágena de la capa híbrida [68].

Durante el procesos de la dentinogénesis, los odontoblastos sintetizan enzimas colagenolíticas llamadas metaloproteinasas y catepsinas, estas enzimas quedan fosilizadas en la matriz dentinaria, estas se reactivan en presencia de un Ph ácido (0.7-1) como ocurre cuando se realiza el grabado con ácido fosfórico (adhesivos ech & rinse) [68]. Actualmente se conoce de 5 tipos de enzimas metaloproteinasas (MMP), MMP-2, MMP-9, MMP-8, MMP-14 y MMP20 [48.] Los sistemas adhesivos Self Etch de tipo Mild (ph entre 1 y 3) o Strong (pH menor a 1) son también permeables, ya que ocurre transudación de fluidos a través del adhesivo polimerizado en dentina, esto también afectaría longitudinalmente la estabilidad hidrolítica [48]. La ventaja del uso de los sistemas universales con su posibilidad de autograbado es que podrían dejar un capa residual de cristales hidroxiapatita en forma intacta que va proteger el enmallado colágeno de la capa hibrida, por otro lado los cristales residuales de hidroxiapatita tienen la capacidad de unión química a algunos de los monómeros que presentan grupos carboxil y fosfatos de los adhesivos universales [48].

Estudios recienten buscan sugerir protocolos de trabajo para inhibir la actividad de las enzimas colagenolíticas y de esta forma aumentar la longevidad de los sistemas

adhesivos en la intefase dentina resina evitando la filtración bacteriana, sensibilidad posoperatoria, caries recurrentes y futuras complicaciones pulpares [68].

Existen muchos ensayos para probar la inactividad de las enzimas colagenolíticas, entre las estudiadas y probada su efectividad esta la clorexidina al 2% que inhibe la acción de la MMP-2, MMP-8 y MMP-9 en los sistemas adhesivos Etch & Rinse [68], también los estudios mencionan la incorporación del uso de una capa hidrófuga y extensión del tiempo de polimerización [69], sin embargo son escasos los estudios aun, que garantizan el uso de clorexidina con los adhesivos Self Etch para preservar la adhesión a dentina [70]. La aplicación adicional de un adhesivo lo más hidrófobo posible se da por el sustento de aislar del agua y evitar que este penetre e interactúe en forma negativa con la interface dentina/ adhesivo [55].

2.2.9 Métodos para la Medición de la Resistencia Adhesiva en los Sistemas Adhesivos

Existen técnicas de laboratorio y clínico para la medición de la resistencia adhesiva, cada uno con sus ventajas y desventajas. Las pruebas clínicas permiten condiciones reales del medio bucal, en donde los materiales dentales permanecen en funcionamiento, constituyendo una prueba de primera elección, con la desventaja que no permite determinar el modo de fallo producido ni someter la interfase adhesiva al microscopio, para la determinación del fallo material; a diferencia, las pruebas de laboratorio permiten evaluar a los materiales mediante variables que son identificadas y controladas determinando con exactitud el fallo producido con la posibilidad de complementar posteriormente mediante un estudio microscópico [25]. A través de ambos estudios se puede predecir el comportamiento clínico de los materiales usados en adhesión. Las pruebas de laboratorio son sencillos de realizar y rápidos ya que dependen de la programación del investigador, así como son de gran utilidad para la medición de la efectividad de sistemas adhesivos [25], existen diferentes mecanismos; entre ellas se encuentran las micro y macropruebas, dependiendo principalmente del tamaño del área de unión [2].

Pruebas de Resistencia de unión macro- esta prueba se realiza en áreas mayores a 3 mm^2, entre ellos se encuentran los tensiles o fuerza de cizalla, entre otras [2].

Pruebas de Resistencia de unión micro- esta prueba se realiza para áreas pequeñas, cerca de 1 mm^2 o menos^2 generalmente es medida con la prueba de resistencia de unión microtensil o llamado también Test de Microtension [71].

La prueba de resistencia de unión Microtensil es el método más empleado y de suma importancia por el grado de confiabilidad en los resultados, este permite evaluar el comportamiento del material ante fuerzas externas [72].

Test de Microtensión

Inicialmente para la evaluación de fuerzas en sistemas adhesivos se empleaba las pruebas de cizalla, mediante el test de resistencia, esta prueba es muy útil en materiales que fallan ante fuerzas que oscilan entre 18-20 MPa. Sin embargo, la evolución de los sistemas adhesivos con el tiempo han permitido mejores técnicas y más eficaces probando valores de fallas elevadas a 20 MPa, para permitir diferenciar los fallos entre la fuerza del adhesivo y la fuerza cohesiva de la resina compuesta o sustrato dentinario; de esta forma se dio la creación del test de microtensión, que en la actualidad es el más usado [7].

El procedimiento del test de Microtension para evaluar la resistencia adhesiva fue mencionado por Sano y cols en el año 1994 [7], siendo un método muy delicado y laborioso, pero presenta múltiples ventajas que realzan la aplicación de la técnica:

- Medición de valores elevados de fuerzas de adhesión
- Permite la medición del nivel adhesivo en áreas muy pequeñas (0.5 a 2mm^2)
- obtención de múltiples especímenes de una sola pieza dental.

En esta técnica, se requiere adherir una resina compuesta, ya sea en dentina o esmalte, empleando un determinado sistema adhesivo; para posteriormente sea sometido a fuerzas traccionales que son controladas hasta lograr el fallo, la resistencia adhesiva se mide en valores de Megapascales (MPa) [25.]

El test de microtension es ampliamente empleado y sirve como referencia para comparar los diferentes materiales adhesivos[25]. La técnica de microtensión permite un análisis real para obtener fallos netamente adhesivos entre el material y la estructura dentinaria [73].

2.2.10 Formas de degradación in vitro de la interfase adhesiva

La existencia de numerosos factores que influyen en la degradación de los sistemas adhesivos, sumándose la biología compleja del sistemas, todo ello hacen difícil desarrollar condiciones de laboratorio que permitan el estudio de la longevidad de la adhesión; existe una variabilidad de métodos que reproducen la condición clínica del medio bucal, entre ellos está el ciclado térmico, degradación mecánica, almacenamiento en agua y otras soluciones como el hipoclorito de Sodio a 10% [6]

- **Termociclado.-** ocurre porque el agua a una temperatura caliente produce la aceleración de la hidrólisis de los componentes de la interfase a estudiar; o por el estrés generado a causa de un mayor coeficiente de expansión térmica por parte de las resinas compuestas en relación a la estructura dentaria [74].

- **Degradación Mecánica.-** en las piezas dentarias, normalmente existe un estrés continuo durante el proceso de la masticación, deglución y sobre hábitos parafuncionales, dicho estrés se simula mediante los ciclos mecánicos provocando el deterioro de la interface adhesiva [6].

- Almacenamiento en agua: ocurre porque el agua produce la biodegradación de los elemenos de la interfase adhesiva, afectándose la resina compuesta y/o el colágeno obteniéndose como consecuencia una disminución en la efectividad de la adhesión [74].

- Hipoclorito de sodio.- El tejido dentinario está formado por componentes orgánicos e inorgánicos, el principal componente de la fase orgánica es el colágeno que puede ser degradado por enzimas colagenolíticas si estas quedan expuestas después de la infiltración de la resina, afectando la durabilidad adhesiva a nivel de la dentina. El hipoclorito de sodio al 10% se emplea como reemplazo a las enzimas colagenolíticas por un tiempo experimental corto [6]

Estudios demuestran que el uso del hipoclorito de sodio al 10% durante 5 horas, es el método de degradación más rápida en forma in vitro, reemplazando el efecto obtenido en almacenamiento en agua durante meses [6].

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Tipo y Diseño

La investigación fue de diseño tipo experimental In Vitro, comparativo, prospectivo y trasversal.

Población de estudio

Terceras molares inferiores humanas

Población de estudio

135 especímenes, con área de aproximadamente de $1mm^2$, divididos en 9 grupos, donde cada grupo estará formado por 15 especímenes.

Selección de la muestra

No probabilístico según criterio

Criterio de inclusión

- Molares sanas con indicación de exodoncia
- Molares con ápices cerrados
- Molares con formación coronaria completa
- Molares sin malformaciones

Criterios de exclusión

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

Procedimiento

Las 9 terceras molares inferiores humanas seleccionadas fueron desinfectadas con solución de timol al 0.1% y almacenadas en un recipiente de vidrio con suero fisiológico para evitar su deshidratación, las raíces de cada molar fueron sumergidas en un cubo de bisacryl, hasta 2mm antes del margen gingival, para posteriormente eliminar 3mm ±1mm correspondiente a la superficie oclusal, mediante un corte transversal a nivel del esmalte coronal empleando la máquina de corte tipo isomet bajo continua corriente de agua; las superficies fueron lavadas con suero fisiológico durante 10 s con jeringa triple para su posterior secado con papel tisú, las molares fueron divididas en 9 grupos: Grupos A, B y C para Optibond FL(Etch and Rinse de tres pasos) aplicando el "primer" frotando 10, 20 y 30 segundos respectivamente; grupos D, E y F para Adper Single Bond 2 (Etch and Rinse de dos pasos) aplicado con frotación durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente; Grupos G,H e I para Single Bond Universal (Multimodal) con su posibilidad de autograbado aplicado el "primer" con frotación durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente.

Para el sistema adhesivo *OptiBond FL* se realizó el acondicionado con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, lavado durante 30 segundos, secado con papel tisú durante 10 segundos, aplicación del "primer" frotando 10 segundos para el grupo A, 20 segundos para el grupo B y 30 segundos para el grupo C, se esperó 10 segundos, aplicación del bonding en los tres grupos durante 15 segundos con ligero movimiento de cepillado, se esperó 30 segundos y finalmente se fotocuró por 20 segundos.

Para el sistema adhesivo *Adper Single Bond 2* se realizó el acondicionado con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, lavado durante 30 segundos, secado con papel tisú durante 10 segundos, aplicación del adhesivo previo agitación del frasco frotando 10 segundos para el grupo D, 20 segundos para el grupo E y 30 segundos para el grupo F, se esperó 30 segundos y se fotocuró por 10 segundos.

Para el adhesivo Multimodal *Single Bond Universal* se lavó la superficie con suero fisiológico por 10 segundos, se secó las superficies con papel tisú durante 10 segundos, aplicación del adhesivo previo agitación del frasco frotando 10 segundos para el grupo G, 20 segundos para el grupo H y 30 segundos para el grupo I, se esperó 30 segundos y se fotocuró por 10 segundos.

En todos los grupos(9), luego de aplicarse los sistemas adhesivos de esperó 30 s para la volatilización del solvente, luego se procedió a la polimerizar aplicando luz LED con lámpara *Elipar DeepCure-L(3M)* con intensidad de luz de 1470 mW/cm2 durante el tiempo indicado por el fabricante.

Para la aplicación de la resina se construyó una cubo de resina de 5mm de altura aproximadamente, empleando Resina *filtek Z350 (3M*), con técnica incremental oblicua de 2mm, cada incremento se polimerizó durante 20s con la unidad de luz LED modelo *Elipar DeepCure-L(3M)* con intensidad de luz de 1470 mW/cm2.

La parte coronal de cada molar se seccionó verticalmente, en sentido frontal y lateral, utilizando la máquina de corte tipo *Isomet* con irrigación continua, creando 15 barritas o especímenes por cada grupo, de $1mm^2$ aproximadamente. Todos los especímenes fueron conservados en agua destilada durante 24 horas, trascurrido ese tiempo se llevó al test de Microtensión con *Microtensile Tester (BISCO),* para ello se pegó cada barrita al aparato con cianocrilato y se sometió a fuerzas tensionales con una aceleración de 0.5mm/min hasta encontrar el fallo. Cuando se produjo el fallo, la maquina se detuvo registrando las medidas de tracción obtenidas en tablas diseñadas para el vaciado de la información y conversión posterior a Mpa, (anexo 1) por ser la unidad que mide la fuerza de resistencia adhesiva.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, Interpretación y discusión de resultados

Análisis de Resultados

Los datos obtenidos en el presente estudio fueron analizados y procesados a través del programa estadístico SPSS versión 21.0. Los valores obtenidos en megapascales (Mpa) fueron resumidos con medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación). La normalidad de los datos fu corroborada por el test de *Shapiro-Wilk*. El contraste de hipótesis de diferencia se realizó utilizando el test de *Anova* de un factor y comparaciones múltiple de *Tukey*, ambos a un nivel de confianza del 95% aceptando un error tipo I del 5%.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Sistema adhesivo *Optibond FL*

Los valores para la resistencia adhesiva mostraron valores promedios diferentes para cada tipo de frotación donde a los 10 s se observó una media de 25,78±5,98 con IC (22,47-29,09); a los 20 s 34,37±6,03 con IC (31,03-37,71) y a los 30 s una media de 37,6±11,93 con IC (31-44,21). En todos los casos se observaron valores de dispersión relativa baja. Tabla y figura 1

Tabla 1. **Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (Mpa) del sistema adhesivo de grabado total de dos frascos *OptiBond FL* (Kerr), frotando 10, 20 y 30 segundos**

Tiempo	Media (Mpa)	DE	IC 95%		Mediana	Mínimo	Máximo	CV	p-valor[a]
			Límite inferior	Límite superior					
10 s	25,78	5,98	22,47	29,09	25,16	17,37	39,15	23,2%	
20 s	34,37	6,03	31,03	37,71	36,09	20,30	43,50	17,5%	0,001*
30 s	37,60	11,93	31,00	44,21	34,79	24,48	67,15	31,7%	

**Significancia estadística; [a]Basado en el test de Anova de un factor; DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; CV: Coeficiente de variación*

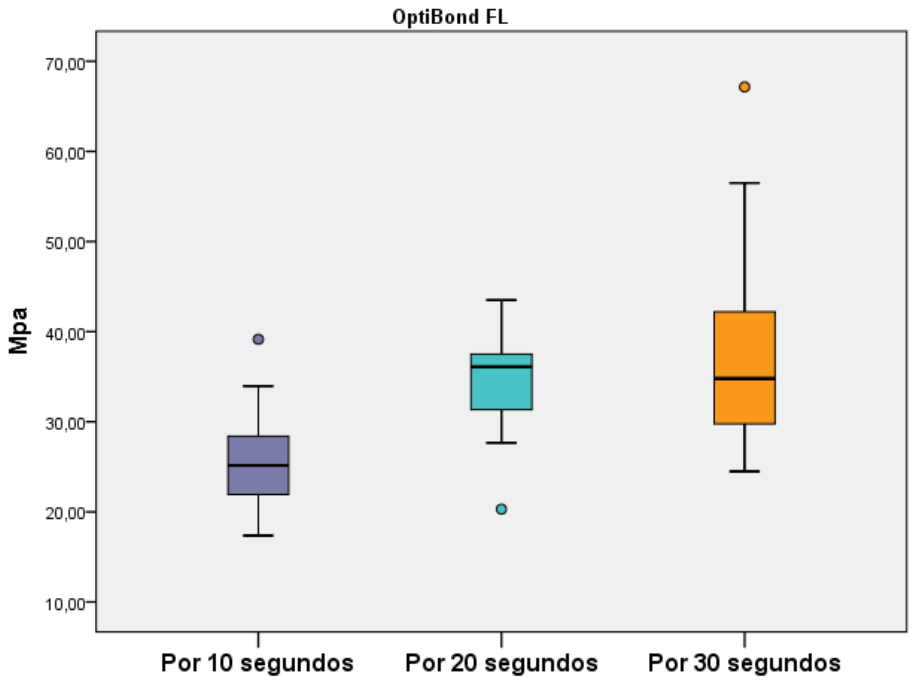


Figura 1. **Distribución de valores de resistencia adhesiva del adhesivo *OptiBond FL* por tiempo de frotación**

Sistema adhesivo *Adper Single Bond 2* (3M)

En este caso, a diferencia del sistema *Optibond FL*, se observan valores promedios de la resistencia adhesiva más bajos, donde para una formación de 10 s se obtuvo una media de 14.02±3,06 con IC (12,33-15,71); para 20 s un valor de 16,33±3,02 con IC (14,66-18,01) y para los 30 s 16,62±1,81 con IC (15,62-17,63). En todos los casos la dispersión relativa fue baja. Tabla y figura 2.

Tabla 2. **Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (Mpa) del adhesivo de grabado total de un frasco *Adper Single Bond 2* (3M), frotando 10, 20 y 30 segundos.**

Tiempo	Media (Mpa)	DE	IC 95%		Mediana	Mínimo	Máximo	CV	p-valor[a]
			Límite inferior	Límite superior					
10 s	14,02	3,06	12,33	15,71	13,30	8,93	19,20	21,8%	
20 s	16,33	3,02	14,66	18,01	15,81	11,61	22,04	18,5%	0,022*
30 s	16,62	1,81	15,62	17,63	16,32	14,11	19,99	10,9%	

**Significancia estadística; [a]Basado en el test de Anova de un factor; DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; CV: Coeficiente de variación*

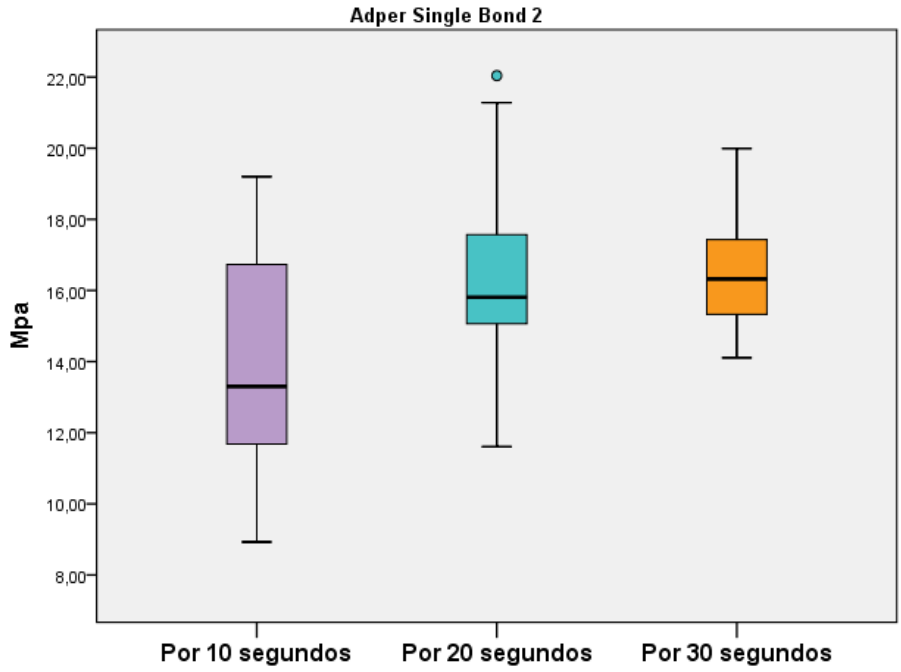


Figura 2. **Distribución de valores de resistencia adhesiva del adhesivo *Adper Single Bond 2* (3M) por tiempo de frotación**

Adhesivo *Single Bond Universal*

Los valores de resistencia adhesiva se presentan en forma heterogénea en cuanto a sus valores centrales, donde para el grupo de frotación a los 10 s se observa una media de 14,36±4,69 con IC (11,76-16,96); para los 20 s 19,44±5,98 con IC (16,13-22,75) y para 30 s un promedio de 23,56±7,3 con IC (19,51-27,6). Tabla y figura 3

Tabla 3. **Valores descriptivos para la resistencia adhesiva Dentina-Resina (MPa) del sistema adhesivo de grabado total de un frasco *Single Bond Universal* (3M), frotando 10, 20 y 30 segundos.**

Tiempo	Media (Mpa)	DE	IC 95%		Mediana	Mínimo	Máximo	CV	p-valor[a]
			Límite inferior	Límite superior					
10 s	14,36	4,69	11,76	16,96	13,03	8,60	22,66	32,7%	
20 s	19,44	5,98	16,13	22,75	19,00	9,03	29,10	30,8%	0,001*
30 s	23,56	7,30	19,51	27,60	21,45	14,04	38,59	31,0%	

**Significancia estadística; [a]Basado en el test de Anova de un factor; DE: desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; CV: Coeficiente de variación*

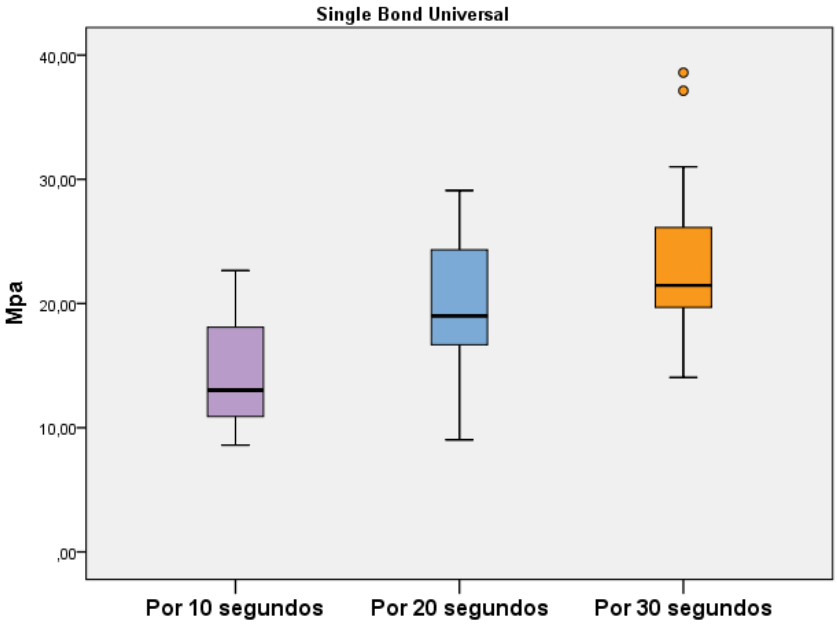


Figura 3**. Distribución de valores de resistencia adhesiva del adhesivo *Single Bond Universal* (3M) por tiempo de frotación**

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE NORMALIDAD

Al evaluar la normalidad de la distribución para cada uno de los sistemas adhesivos, se observa que los tres grupos (10, 20 y 30 segundos) presentan distribución normal de los datos de resistencia adhesiva. Ver anexo 2

ANÁLISIS INFERENCIAL-PRUEBA DE HIPÓTESIS DE DIFERENCIA

1. **Comparación de la resistencia adhesiva entre grupos de frotación dentro de cada sistema adhesivo utilizado.**

Sistema adhesivo *Optibond FL*

La prueba de ANOVA muestra significancia estadística (p=0,001), rechazándose la hipótesis nula, concluyéndose que al menos existen diferencias entre dos grupos. Ver anexo 3

La prueba de comparaciones múltiples de *Tukey* muestra diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de frotación de 10 vs 20 s (p=0,022), así como entre 10 vs 30 s (p=0,001). Tabla y figura 4

Sistema adhesivo *Adper Single Bond 2* (3M)

La prueba de *ANOVA* muestra significancia estadística (p=0,022), rechazándose la hipótesis nula, concluyéndose que al menos existen diferencias entre dos grupos. Ver anexo 3

En este caso solo se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de frotación de 10 vs 30 s (p=0,03), en los otros casos las diferencias de resistencia adhesiva no fueron significativas. Tabla y figura 4

Sistema adhesivo *Single Bond Universal*

La prueba de *ANOVA* muestra significancia estadística (p=0,001), rechazándose la hipótesis nula, concluyéndose que al menos existen diferencias entre dos grupos. Ver anexo 3

De igual modo en este sistema adhesivo las diferencias halladas fueron estadísticamente significativas solo entre los grupos de frotación de 10 vs 30 s (p=0,000). Tabla y figura 4

Tabla 4. **Comparación de la resistencia Adhesiva Resina- Dentina entre los diferentes grupos de estudio, empleando el mismo adhesivo-Prueba de comparaciones múltiples de *Tukey*.**

Adhesivos	Frotaciones	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor[a]	IC 95%	
					Límite inferior	Límite superior
OptiBond FL	**10 vs 20 s**	-8,59	3,08	,022*	-16,09	-1,08
	10 vs 30 s	-11,82	3,08	,001*	-19,32	-4,32
	20 vs 30 s	-3,23	3,08	,552	-10,73	4,26
Adper Single Bond 2 **(3M)**	**10 vs 20 s**	-2,31	,98	,060	-4,70	,07
	10 vs 30 s	-2,59*	,98	,030*	-4,98	-,21
	20 vs 30 s	-,28	,98	,954	-2,67	2,10
Single Bond Universal **(3M)**	**10 vs 20 s**	-5,07	2,22	,069	-10,47	,32
	10 vs 30 s	-9,19*	2,22	,000*	-14,59	-3,79
	20 vs 30 s	-4,12	2,22	,164	-9,52	1,27

**Diferencias de medias significativas (p<0,05); [a]Basado test de Tukey; IC: Intervalo de confianza de la diferencia de medias*

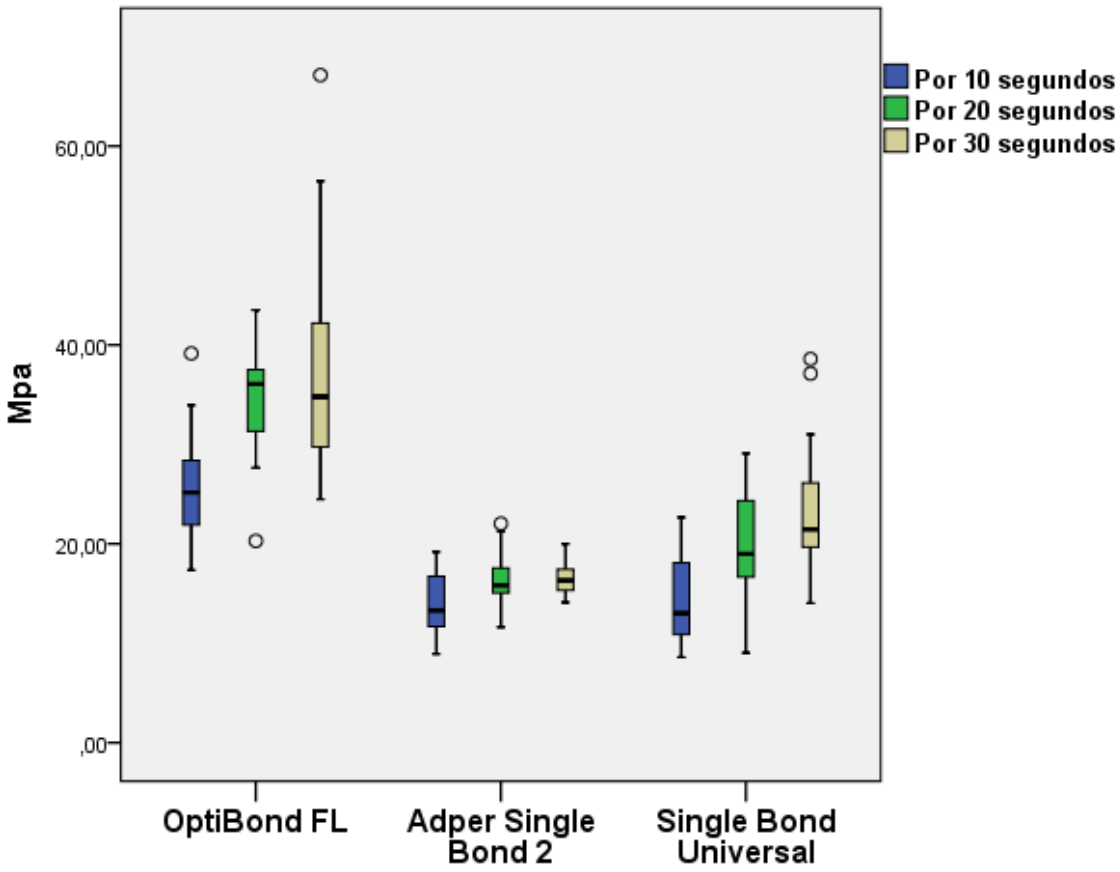


Figura 4. **Distribución de valores de resistencia adhesiva en los diferentes grupos de estudio, empleando el mismo adhesivo**

2. **Comparación de la resistencia adhesiva entre los sistemas adhesivos utilizados dentro de cada grupo de frotación.**

La prueba de ANOVA de un factor, muestra significancia estadística para todos los grupos (p=0,000), donde concluye que al menos dos grupos difieren significativamente. Ver anexo 3

Frotación a los 10 segundos

La prueba de comparaciones múltiples de *Tukey* muestra diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos *Optibond FL* vs *Adper Single bond* (p=0,000), así como entre *Optibond FL* vs *Single Bond Universal* (p=0,000). Tabla y figura 5

Frotación a los 20 segundos

Del mismo modo las diferencias halladas fueron estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos *Optibond FL* vs *Adper Single bond* (p=0,000), así como entre *Optibond FL* vs *Single Bond Universal* (p=0,000). Tabla y figura 5

Frotación a los 30 segundos

En este caso se repite las diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos *Optibond FL* vs *Adper Single bond* (p=0,000), así como entre *Optibond FL* vs *Single Bond Universal* (p=0,000). Tabla y figura 5

Tabla 5. **Comparación de la resistencia Adhesiva Resina- Dentina entre los diferentes sistemas adhesivos -Prueba de comparaciones múltiples de Tukey.**

Frotación	Adhesivos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	p-valor[a]	IC 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Por 10 segundos	**A vs B**	11,76	1,72	0,000*	7,56	15,95
	A vs C	11,41	1,72	0,000*	7,22	15,61
	B vs C	-,34	1,72	0,979	-4,53	3,85
Por 20 segundos	**A vs B**	18,03	1,90	0.000*	13,42	22,65
	A vs C	14,93	1,90	0.000*	10,31	19,55
	B vs C	-3,10	1,90	0.244	-7,71	1,51
Por 30 segundos	**A vs B**	20,98	2,97	0.000*	13,75	28,20
	A vs C	14,04	2,97	0.000*	6,82	21,27
	B vs C	-6,93	2,97	0.062	-14,16	,28

**Diferencias de medias significativas (p<0,05); [a]Basado test de Tukey; IC: Intervalo de confianza de la diferencia de medias A: OptiBond FL; B: Adper Single Bond 2; C: Single Bond Universal*

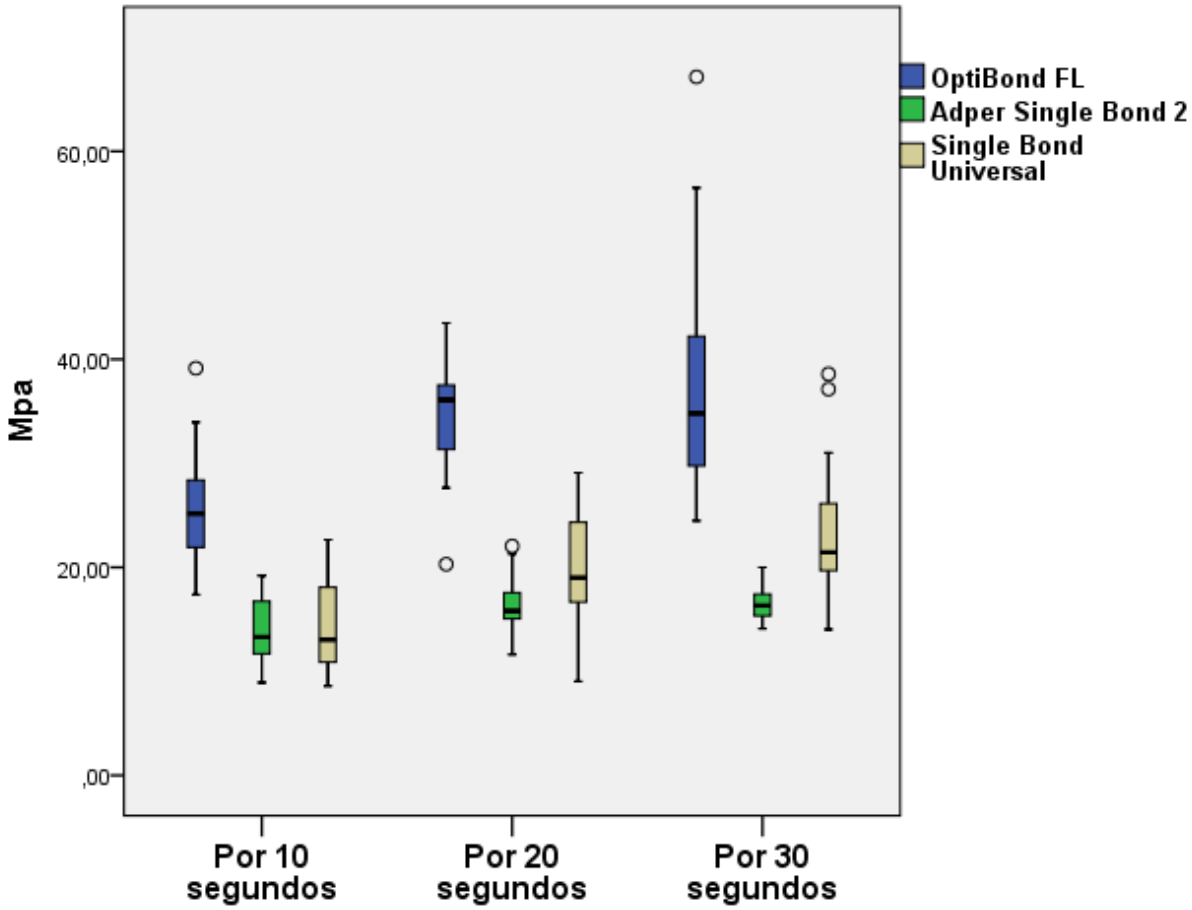


Figura 5. **Distribución de valores de resistencia adhesiva entre los diferentes sistemas adhesivos por grupos de frotación**

4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de hipótesis de diferencia entre más de dos grupos-ANOVA de un factor

3. Para poder determinar si existían diferencias entre al menos dos grupos de frotación dentro de cada sistema, se utilizó la prueba ANOVA de un factor estableciéndose las siguientes hipótesis:

   Ho: Los valores de resistencia adhesiva son iguales entre los grupos

   H1: Al menos dos grupos difieren en cuanto a la resistencia adhesiva

Grupos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
OptiBond FL	Entre grupos	1120,16	2	560,08		
	Dentro de grupos	3002,08	42	71,47	7,83	0.001*
	Total	4122,25	44			
Adper Single Bond 2	Entre grupos	60,93	2	30,46		
	Dentro de grupos	304,56	42	7,25	4,20	0.022*
	Total	365,49	44			
Single Bond Universal	Entre grupos	636,41	2	318,20		
	Dentro de grupos	1555,10	42	37,02	8,59	0.001*
	Total	2191,51	44			

**Diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)*

4. **Para poder determinar si existían diferencias entre al menos dos sistemas adhesivos dentro de cada grupo de, se utilizó la prueba Anova de un factor estableciéndose las siguientes hipótesis:**

   Ho: Los valores de resistencia adhesiva son iguales entre los grupos

   H1: Al menos dos grupos difieren en cuanto a la resistencia adhesi

Grupos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Por 10 segundos	Entre grupos	1344,00	2	672,00	30,04	0.000*
	Dentro de grupos	939,32	42	22,36		
	Total	2283,32	44			
Por 20 segundos	Entre grupos	2790,23	2	1395,11	51,52	0.000*
	Dentro de grupos	1137,19	42	27,07		
	Total	3927,43	44			
Por 30 segundos	Entre grupos	3428,81	2	1714,40	25,85	0.000*
	Dentro de grupos	2785,22	42	66,31		
	Total	6214,04	44			

**Diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)*

4.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Con respecto a la resistencia Adhesiva Resina-Dentina del sistema adhesivo Etch & Rinse de tres pasos: *Optibond FL (Kerr),* aplicados activamente con frotación 10, 20 y 30 segundos se obtuvo 25,78, 34,37 y 37,60 MPa respectivamente. El sistema adhesivo adhesivo Etch & Rinse de dos pasos: *Adper Single Bond 2 (3M)* aplicados activamente con frotación 10, 20 y 30 segundos se obtuvo 14,02, 16,33 y 16,62 MPa respectivamente y con el adhesivo Multimodal: *Single Bond Universal (3M)* se obtuvo 14,36, 19,44 y 23,56 MPa a 10, 20 y 30 segundos de frotación respectivamente. Tabla y figura 1, 2 y 3

En la comparación de la resistencia adhesiva Resina-Dentina entre los diferentes grupos de estudio según el tiempo de frotación, empleando el mismo adhesivo (Prueba de comparaciones múltiples de *Tukey),* se obtuvo que dentro del grupo del sistema adhesivo Etch & Rinse de tres pasos: *Optibond FL (Kerr),* se encontró diferencia estadísticamente significativas entre el grupo de frotación de 10 vs 20 s (p=0,022), así como entre 10 vs 30 s (p=0,001). Dentro del grupo del sistema adhesivo Etch & Rinse de dos pasos: *Adper Single Bond 2 (3M)* se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de frotación de 10 Vs 30 s (p=0,03), en los otros grupos las diferencias de resistencia adhesiva no fueron significativas y para el grupo del adhesivo Multimodal: *Single Bond Universal (3M)* se encontró diferencia estadísticamente significativa solo en los grupos de frotación de 10 Vs 30 s (p=0,000). Tabla y figura 4.

En cuanto a la comparación de la resistencia adhesiva Dentina-Resina entre los diferentes sistemas adhesivos utilizados, dentro de cada grupo de frotación se encontró que en la aplicación de los tres sistemas adhesivos (*Optibond FL, Adper Single Bond 2 y Single Bond Universal*) con frotación de 10, 20 y 30 segundos, existen diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas adhesivos *Optibond FL* vs *Adper Single Bond 2* (p=0,000), así como entre *Optibond FL* vs *Single Bond Universal* (p=0,000) de la misma manera en los tres tiempos de frotación. Tabla y figura 5

DISCUSIÓN

- Cuando se realiza una restauración directa con resina compuesta y se está ante un sustrato desfavorable, como es la dentina, por su humedad natural debido a la presencia de túbulos dentinarios y cercanía a la cámara pulpar, uno de los puntos a considerar en la en el sistema adhesivo a emplear, es lograr valores de resistencia adhesiva que garanticen una unión optima con el material restaurador, para ello la forma de aplicar el adhesivo con frotación activa permitiría una mayor penetración de monómeros presentes en el "primer" o bonding a través de las fibras colágenas expuestas en forma de red, otorgando valores de resistencia adhesiva mayores. Autores como Amaral y col [75,76] evidencian que una aplicación activa del adhesivo frotando en la superficie dentinaria en forma continua incrementa la fuerza adhesiva.

-A nivel de dentina, sustrato donde la adhesión aún sigue siendo cuestionada, es común observar diferentes estudios que modifiquen la forma de aplicación del adhesivo sugerida por parte de los fabricantes; como el tiempo de grabado ácido, el secado solo empleando papel tisú y no jeringa triple, el aumento del tiempo de espera para la volatilización del solvente, el añadir protocolos de desproteinización así como incrementar el tiempo de aplicación continua; todo ello con el objetivo de mejorar valores de resistencia adhesiva evitando desprendimientos a futuro y filtraciones a nivel marginal que conlleven al fracaso de la restauración. Reis y col [77], Carvalho y col [78] mencionan que tiempos de aplicación prolongados de los adhesivos en dentina pueden aumentar la resistencia adhesiva resina-dentina, en mención a la volatilización del solvente.

-El incrementar el tiempo de aplicación de un adhesivo, es directamente proporcional a los valores de resistencia adhesiva encontrada a nivel de dentina debido a una filtración del adhesivo muy cercana a cubrir todo el espacio condicionado cuando se empleen adhesivos Etch & Rinse; así mismo garantizar un grabado y filtración simultanea cuando se haga uso de adhesivos autograbantes, Lafuente [22] hace mención que al incrementar el número de capas del adhesivo se obtiene el mismo objetivo, aumento de fuerza adhesiva.

- Se conoce que el acondicionado ácido de la dentina favorece la liberación de enzimas colagenolíticas, como la metaloproteinasa, que entra en actividad con el fin de

degradar la interfase adhesiva, por lo que autores como Zamora[14] sugieren no grabar la dentina con excepción de una dentina esclerótica, sin embargo siempre acondicionar el esmalte dental; la evolución de los sistemas adhesivos permite la incorporación de nuevos sistemas llamados Multimodales que permiten ser usados con grabado total, grabado selectivo y autograbado, siendo este último la alternativa ideal frente al sustrato dentinario. Los adhesivos multimodales o llamados también universales por tener poco tiempo en el mercado dental presentan pocos estudios de resistencia adhesiva, y dentro de los que existen con su posibilidad de autograbado como el de Maldonado [17] y en el presente estudio, muestran valores de resistencia adhesiva superiores a los sistemas adhesivos Etch and Rinse de dos pasos muy usado por la comunidad odontológica; por lo que autores Zamora[14] Concluyen como una buena alternativa frente a dentina. De acuerdo con la clasificación de los sistemas adhesivos, los tipo Etch & Rinse de tres pasos son los que presentan mayor estudio, en todos ellos incluido el presente estudio arrojan los niveles más altos de resistencia adhesiva frente a los demás grupos adhesivos; sin embargo según Hidalgo [47] ello no significa que exista buena reacción por parte del sustrato dentinario frente a estos sistemas ya que existe liberación de metaloproteinasas.

- El análisis de resistencia adhesiva microtraccional se realizan para medir la fuerza de unión en la interfase diente-material con distintos materiales a distintos sustratos dentales, así como la unión dentina-resina empleando sistemas adhesivos, el Test de Microtensión o microtracción a diferencia de la medición empleando fuerzas de cizalla, permiten estudios de áreas pequeñas que oscilan entre 0.5- 2mm^2, por lo que permite un análisis real y confiable de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentaria, como lo refiere Sano y col [62] en el año 1994.

- Estudios de resistencia adhesiva dentina-resina empleando los mismos sistemas adhesivos que el presente estudio u otros, asociado a un tiempo variable de aplicación del adhesivo con el test de microtracción pueden repetirse por ser una técnica estricta, confiable y reproducible como lo mencionan Pashley y col [79,80].

CONCLUSIONES

- En el presente estudio donde se evaluó la resistencia adhesiva dentina-resina de los adhesivos Etch & Rinse de 3 pasos (*Optibond FL*), de dos pasos (*Adper Single Bond 2*) y Multimodal con su posibilidad de Autograbado (*Single Bond Universal*) utilizando 3 protocolos de aplicación (frotación durante 10, 20 y 30 Segundos) mediante el test de microtensión, se encontró que a mayor tiempo de frotación continua se incrementa los valores de resistencia adhesiva en todos los grupos de estudio, por lo tanto la aplicación activa aumenta los valores de resistencia de unión dentina – resina.

- Las restauraciones de resina compuesta en dentina empleando el sistema adhesivo Etch & Rinse de tres pasos *Optibond FL (Kerr)* con frotación continua, previo uso de ácido fosfórico al 37% (15 s), lavado (30 s), secado con papel tisú (10 s), y posterior fotocurado (20 s), registraron valores de resistencia adhesiva microtraccional con un promedio de 25 MPa, 34,37 MPa y 37,60 MPa durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente.

- Las restauraciones de resina compuesta en dentina empleando el sistema adhesivo Etch & Rinse de dos pasos *Adper Single Bond 2 (3M)* con frotación continua, previo uso de ácido fosfórico al 37% (15 s), lavado (30 s), secado con papel tisú (10 s), y posterior fotocurado (10s), registraron valores de resistencia adhesiva microtraccional con un promedio de 14,02 MPa; 16,33 MPa y 16,62 MPa durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente.

- Las restauraciones de resina compuesta en dentina empleando el sistema adhesivo Multimodal *Adper Single Universal (3M)* con su posibilidad de autograbado y posterior fotocurado (10s), registraron valores de resistencia adhesiva microtraccional con un promedio de 14,36 MPa; 19,44 MPa y 23,56 MPa durante 10, 20 y 30 segundos respectivamente.

- Al comparar los valores de resistencia adhesiva microtraccional obtenidos con los tres sistemas adhesivos en los diferentes grupos según el tiempo de frotación continua

de 10 s (A, D y G) se encontró valores muy superiores con el adhesivo *Optibond FL* (25 MPa); no encontrando diferencia clínicamente significativa entre los adhesivos *Adper Single Bond 2* (14,02 MPa) y *Adper Single Universal* (14,36 MPa). Según el tiempo de frotación continua de 20 s (B, E y H) se encontró valores muy superiores con el adhesivo *Optibond FL* (34 MPa); no encontrando diferencias clínicamente significativas entre los adhesivos *Adper Single Bond 2* (16,33 MPa) y *Adper Single Universal* (19,44 MPa). Según el tiempo de frotación continua de 30 s (C, F e I) se encontró valores muy superiores con el adhesivo *Optibond FL* (37,60 MPa); encontrando diferencia clínicamente significativa entre los adhesivos *Adper Single Bond 2* (16,62 MPa) y *Adper Single Universal* (23,56 MPa).

RECOMENDACIONES

Realizar estudios posteriores de resistencia adhesiva Dentina-Resina donde las muestras antes del corte para la obtención de especímenes sean sometidos a ciclos de degradación térmica o termociclado de la interfase adhesiva.

Realizar estudios complementarios para determinar si la fractura fue cohesivo, adhesivo o mixto.

Al no existir muchos estudios sobre adhesivos Multimodales, se sugiere realizar estudios en dentina empleando estos con el mismo monómero funcional con sus diferentes formas de trabajo, grabado total, autograbante y grabado.

Realizar estudios en sistemas mutimodales donde se compare el efecto del tipo de monómero funcional MDP y 3D-SR sobre la resistencia adhesiva en dentina con sus diferentes formas de trabajo, grabado total, autograbante y grabado.

Se sugiere estudios posteriores empleando los mismos sistemas adhesivos, comparando los niveles de resistencia adhesiva Dentina-Resina encontrados al inicio y después de algún periodo de tiempo, para observar si la resistencia adhesiva inicial se mantiene o se altera con el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- Mandri MN, Aguirre A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. Revista Odontoestomatología. 2015; 17 (26): 50-56.

2.- Parra M, Garzón H. Sistemas Adhesivos Autograbadores, Resistencia de Unión y Nanofiltración: Una Revisión. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2012; 24(1): 133-150.

3.- Ramos G, Ramírez N, Medina R. Adhesión convencional en dentina, dificultades y avances en la técnica. Rev Fac Odontol. Univ. Antioq. 2015; 26(2):468-486.

4.- Pignata Volpe S, Vola J. Importancia de la Interfaz Dentina-Adhesivo en la Longevidad de las Restauraciones Adheridas. RODYB. 2015; 4(1):34-42.

5.- De Freitas Mo et al. Reflexiones acerca de los Sistemas Adhesivos. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2010; 4(1): 47-52.

6.- Albaladejo A. Métodos de Investigación Invitro de los Factores que afectan la Durabilidad de la Adhesión a Dentina. Av. Odontoestomatología. 2008, 24(4): 267-276.

7.- Sano H, Shono T, Sonoda H. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength- evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater 1994;10:(2)36-40.

8.- Bardales C, Castro M, Chirinos G. Evaluación de la resistencia de unión al microcizallamiento de dos sistemas adhesivos con monómeros funcionales en esmalte y dentina. [Trabajo de investigación]. Lima-Perú: Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2018. 27p

9.- Cornelio G, Vázquez EM. Resistencia al cizallamiento utilizando adhesivo de grabado total y autograbante con y sin hipoclorito de sodio en dentina. Revista ADM. 2017; 74 (5): 224-230.

10.- Lizama D, Salazar H. Estudio comparativo in vitro de resistencia adhesiva microtraccional, utilizando sistema adhesivo single bond universal con protocolo de

grabado-lavado y autograbante. [Tesis de Bachiller]. Santiago de Chile-Chile: Facultad De Odontología, Universidad Andrés bello. 2017. 56p

11.- Reyes AA. Resistencia a la tracción de sistemas adhesivos de dos y tres pasos en dentina. Estudio in vitro. [Tesis de Bachiller]. Quito-Ecuador: Facultad De Odontología. Universidad central de Ecuador.2017. 99p.

12.- Cosio H, Abanto M, Lazo L. Estudio in vitro de la resistencia adhesiva a dentina de dos resinas fluidas para restauración. Ciencia y Desarrollo. Ciencia y Desarrollo. 2016; 19(2): 13-18.

13.- Verástegui B. G., Berrios Q. E. Análisis in vitro de la resistencia adhesiva a la tracción entre dos sistemas adhesivos: uno de 5° generación adper single bond de 3m y otro de 6° generación adper prompt l-pop de 3m en molares permanentes, Tacna - 2016. *Revista Médica Basadrina*, *13*(1), 26-31.

14.- Ureta N, Silva C. Comparación del espesor de película de dos sistemas adhesivos observados en microscopio electrónico de barrido. RODYB. 2015;4(2): 15-21.

15.- Zamora PA. Resistencia Adhesiva de Restauraciones de Resina Compuesta Realizadas con un Adhesivo Universal con y sin grabado ácido. Biomater. 2015; 2(1): 94-115

16.- Maldonado A. Análisis Comparativo In Vitro de la Resistencia Adhesiva de las Restauraciones de Resina Compuesta Utilizando el adhesivo Peak Universal Bond con y sin grabado acido previo de superficie. [Tesis de bachiller]. [Lima]: Facultad de Odontología, Departamento de Restauradora- Área de Biomateriales, Universidad de Chile.2014. 31p.

17.- Monsalves SI, Terrazas P, Toro G, Bader M. Evaluación del Grado de Sellado Marginal y Resistencia Adhesiva de Restauraciones de Resina Compuesta con Adhesivo Convencional en Dentición Primaria y Definitiva. Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral. 2014: 7(3):115-208.

18.- Barcellos D. Estudo Longitudinal da Resistência Adesiva aos Substratos Dentários de Sistemas Adesivos Associados ou Não ao Nd: YAG Laser. [Tesis de doctor]. Brasil. Facultad de Odontologia. Universidade Estadual Paulista. 2013. 183p.

19.- Roms D. Estudio Comparativo In Vitro de la Resistencia de Unión de Sistemas Adhesivos Autocodicionates Friccionado y sin Friccionar sobre la Superficie del Esmalte Bovino. [Tesis de bachiller]. Lima-Perú Facultad de Estomatología Universidad Inca Garcilaso de la Vega. 2013. 85p

20.- Monsalves S, Bader M, Astorga C. Evaluación del Grado de Adhesión a la Dentina de Dos Tipos de Adhesivos de Uso Clínico Actual. Revista Dental de Chile. 2011; 102(1) 4-12.

21.- Lafuente D. Aumento en la fuerza de adhesión a dentina con una capa extra de adhesivo dentinal. Odovtos-Int J Dent Sc. 2010; 12 (1): 22-25.

22.- Ruan A. et al. Resistencia Adhesiva de los Sistemas Adhesivos Autoacondicionadores al Sustrato Dentinario Desproteinizado a través del Hipoclorito de Sodio. Acta odontol; 2006; 3(1): 60-69.

23.- Garrofé A, Martucci D, Picca M. Adhesión a tejidos dentarios. Revista de la Facultad de Odontología (Universidad de Buenos Aires). 2014;29 (67): 5-13.

24.- Rivera CA et al. Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental .Revista Ingeniería Biomédica. 2012; 6(12):1-7

25.- Rincón FR, Camejo DG. Efectividad de los adhesivos de autograbado sobre el esmalte dental. Estado Actual. RAAO. 2008; Vol. 57(2): 30-36.

26.- Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. Brasil: Ed. Mayo.2003.

27.- Utria U, Pérez E, Rebolledo M, Vargas A. Características de las soluciones de clorhexidina al 2% y al 0,2% en preparaciones cavitarias en odontología: una revisión. Duazary. 2018; 15(2):181-194.

28.- Hallo LM. Resistencia al cizallamiento de sistemas adhesivos de grabado total versus autograbado en dentina. [Tesis de Bachiller]. Quito-Ecuador. Carrera de Odontología. Universidad de Quito.2017.p54

29.- Li CP. Estudio Comparativo In Vitro de la Resistencia Adhesiva a la Tracción de dos Sistemas Adhesivos Autograbadores sobre Esmalte de Bovino. [Tesis de bachiller].Lima-Perú. Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia 2009. 50p

30.- Romero M. Ybelisse. Protectores del complejo dentino pulpar. Revista ODOUS científica. 2013; 19(2): 23-36.

31.- Henostroza, G. Adhesión a la Odontología Restauradora. España: Editorial Ripano (2010).

32.- Joubert R. Odontología Adhesiva y Estética. Madrid, España: Ed. Ripano.2010.

33.- Carrillo SC, Michael G. Buonocore, padre de la odontología adhesiva moderna, 63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018). Revista ADM 2018; 75 (3): 135-142.

34.- Uribe J. Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos. In: Adhesión en odontología restauradora. 2da. Edición. Henostroza H G, editor. Editora Ripano 2010. p. 89-135.

35.- Nass L, Carpentier A. Correlación entre el Comportamiento Térmico y Composición de Sistemas Adhesivos. Int. J. Odontostomat. 2017; 11(1): 14-21

36.- Cardona, A. Adhesión en odontología estética y restauradora. Madrid.2004; 17(1): 6-12.

37.- Silva M, Carneiro K, Lobato M et al. Adhesive systems: important aspects to their composition and clinical use. J Appl Oral Sci. 2010; 18(3):207-214.

38.- Cedillo VJJ et al. Hibridación a esmalte y dentina de los ionómeros de vidrio de alta densidad, estudio con MEB. Revista ADM 2017; 74 (4): 177-184.

39.- Silva J, Otto H, Rodriguez Rs. Principios de Adhesión dentinaria. ODOUS científica. 2014;3 (2)

40.- Bader M, Ibáñez M. Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. Rev. Clin. Periodoncia Implantol Rehabil Oral. 2014; 7(3): 115-122.

41.- Reis A, Grandi V, Carlotto L, Bortoli G, Patzlaff R, Rodrigues L, et al. Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and longterm bond strength to dentin. Journal of Dentistry. 2005 agosto; 33(7): 549- 559.

42.- Nakajima M, Kunawarote S, Prasansuttiporn T, Tagami J.Bonding to caries-affected dentin. Jpn Dent Sci Rev 2011; 47(1): 102-114.

43.- Pereira PV Et al. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (MMPs) en Odontología. Odontoestomatología. 2016; 18 (28):20-29.

44.- Tjarderhane L. Dentin Bonding: Can We make it Last? Oper Dent 2015 40(1): 4-8.

45.-Hernández M. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. Av. Odontoestomatol Madrid. 2004; 20(1): 19-32

46.- Galdames B, ·Brunoto M, Marcus N, Grandon F, Priotto E. Diferentes Protocolos de Grabado Ácido en Dentina; Estudio Micromorfológico. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral. 2018;11 (2).

47.- Gutiérrez PA. Estudio comparativo in vitro del pH de sistemas adhesivos autograbantes presentes en el mercado nacional. .[tesis de bachiller]. Chile. Facultad de odontología. Universidad de Chile 2009. 82p

48.- Hidalgo RC. Reacción de la dentina a los sistemas adhesivos resinosos: aspectos biológicos relacionados y biodegradación de la capa híbrida. Rev Estomatol Herediana. 2008; 18(1).

49.- Halim N. et al. Sistemas adesivos – classificação. Full dent. sci. 2014; 5(20): 641-646.

50.- Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. J Dent. 2015 Jul;43(7):765–76.

51.- Garone FW. Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos. Adhesión en odontología restauradora. 2da. Edición. Henostroza H G, editor. Ripano S.A. 2010. p. 139- 138-171

52.- Tsujimoto A, Iwasa M, Shimamura Y, Murayama R, Takamizawa T, Miyazaki M. Enamel bonding of single-step selfetch adhesives: influence of surface energy characteristics. J. Dent. 2010; 38: 123-130.

53.- Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. Dent. Mater. 2010; 26(2): e78-93

54.- Pallesen U, Van JW, Halken J, Hallonsten AL, Höigaard RA. Prospective 8-year follow-up of posterior resin composite restorations in permanent teeth of children and adolescents in Public Dental Health Service: reasons for replacement. Clin Oral Investig. 2013 12(1): 67-79

55.- Cardoso M, Neves, A. Mine et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. Australian Dental Journal. 2011; 56 (1): 31-44.

56.- Kose C et al. Apliacação de um novo sistema adesivo universal: relato de caso Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent. 2013; 67(3): 202-206.

57.- Arinell Dib; Pereira F, Prado S, Rabello B. Sistemas adhesivos atuais. Rev. Bras. Odontol. 2016; 73 (3): 242-246.

58.- Gary A, “Universal Adhesives: The next evolution in adhesive Dentistry?”. Compendium of Continuing Education in Dentistry. 2015; 6(2): 37-47

59.- Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hanabusa M, Matsumoto T, Momoi Y. X-ray diffraction analysis of three-dimensional self-reinforcing monomer and its chemical interaction with tooth and hydroxyapatite. Dent Mater J. 2012;31(4):697-702

60.- Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A,Meerbeek BV. Self-assembled Nano layering at the Adhesive interface. J Dent Res. 2012 Apr; 91(4):376-81.

61.- Yokota Y, Nishiyama N. Determination of molecular species of calcium salts of MDP produced through decalcification of enamel and dentin by MDP-based one-step adhesive. Dent Mater J. 2015;34(2):270-9.

62.- Yokota Y, Fujita KN, Uchida R, Aida E, Aoki NT, Aida M, Nishiyama N. Quantitative Evaluation of MDP-Ca Salt and DCPD after Application of an MDP-based One-step Self-etching Adhesive on Enamel and Dentin. J Adhes Dent. 2016;18(3):205- 13.

63.-Dayanni CM; Juárez CF. Diferencias de la microfiltración marginal in vitro de adhesivos de quinta generación y universal en restauraciones clase I con resina de nanorelleno. Revista Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo-UJCM 2017; 3(5):24-34.

64.- Dourado LA, Reis A. Sistemas Adhesivos. RODYB - Revista de Operatoria Dental y Biomateriales. 2006; 1(2):13-28

65.- Disponible en: https://www.kerrdental.com/kerr-restoratives/optibond-fl-filled-light-cure-total-etch-dental-adhesive

66.- Disponible en: https://multimedia.3m.com/mws/media/290769O/informacion-tecnica-adper-single-bond-2.pdf&fn=TPP%20Spanish.pdf.

67.- Disponible en: https://multimedia.3m.com/mws/media/922911O/tpp-sbu.pdf.

68.- Vélez EM, Zulay CM, Álvarez DP. Operatoria dental y endodoncia. Protección de la interfaz resina-dentina mediante inhibidores de las enzimas colagenolíticas. Rev Asoc Odontol Argent 2018;106:70-76.

69.- Vola J. Influencia de los inhibidores de las metaloproteinasas, agentes reticuladores y remineralización biomimética en la longevidad de la unión adhesiva. Acta Odontologica.2015; 7(2):13-21

70.- Tello R, Huertas G, Aguirre C, Cáceres J, Bragagnini P. Efecto adverso de la aplicación de clorhexidina en un adhesivo self etch calcio dependiente. Revista Odontos 2018; 50: 78-86.

71.- Prieto ML. Microtensión en Tejidos Dentarios Duros: Desarrollo Tecnológico. [Trabajo de investigación]. Bogotá, Colombia: Facultad de odontología, Universidad Nacional de Colombia. 2015. 98p.

72.- Van MB et al. Relation ship between bond-strength tests and clinical outcomes. Dent Mater 2010; 26(1) 100-121

73.- Ascurra F, Saravia R. Efecto del tiempo de grabado con ácido fosfórico al 37,5% sobre la superficie de esmalte haciendo uso de agentes cementantes autoadhesivos. Estudio in vitro. Revista Científica Odontológica. 2015; 3(1):256-264

74.- Pereira S, Rosales L, Vallejo B. Efecto del Termociclado y el Acondicionamiento en el Sellado de una Resina Microhibrida Acta Odontológica venezolana.2012; 50(2): 23-32

75.- Do Amaral R, Stanislawczuk R, Zander-Grande C et al. Active application improves the bonding performance of self-etch adhesives to dentin. J Dent. 2009;37(1):82–90.

76.- Do Amaral R, Stanislawczuk R, Zander-Grande C et al. Bond Strength and Quality of the Hybrid Layer of Onestep Self-etch Adhesives Applied with Agitation on Dentin. Operative Dentistry. 2010;35(2):211- 219.

77.- Reis A, De Carvalho P, Clovis L et al. Effect of prolonged application times on the durability of resin–dentin bonds. Dent Mater J. 2008;24(1):639–644.

78.- De Carvalho P, Dourado A, Clovis L et al. Effect of Prolonged Application Times on Resin-Dentin Bond Strengths. J Adhes Dent. 2005;7(1):143–149.

79.- Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. "The microtensile bond test: a review". J Adhes Dent 1999 winter; 1 (4): 299-309.

80.- Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho R. "Adhesion testing of dentin bonding agents: A review". Dent Mater 1995; 11: 117-125.

.

ANEXOS

ANEXO N^0 1

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo OptiBond FL

Grupo A: Frotación por 10 segundos.

- Fecha de la muestra: 25/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	1.26x1.32=1.6632	28.9	17.37
2	1.00x0.87=0.87	25.6	29.42
3	1.07x0.96=1.0272	19.8	19.27
4	1.05x0.98=1.029	24.9	24.19
5	0.97x0.75=0.7275	24.7	33.95
6	0.75x1.11=0.8325	16.2	19.45
7	0.52x1.28=0.6656	21.6	32.45
8	1.35x1.00=1.35	34.8	25.77
9	0.91x1.00=0.91	22.9	25.16
10	1.06x1.10=1.166	23.6	20.24
11	1.01x0.72=0.7272	19.9	27.36
12	0.97x1.30=1.261	31.8	25.21
13	1.09x0.70=0.763	18	23.59
14	0.91x1.32=1.2012	29	24.14
15	0.97x0.99=0.9603	37.6	39.15

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo OptiBond FL

Grupo B: Frotación por 20 segundos.

- Fecha de la muestra: 25/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área de Interfase (mm^2)	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	0.86x0.85=0.731	22,5	30,77
2	1.10x0.60=0.66	21,7	32,87
3	0.96x0.73=0.7008	25,5	36,38
4	0.85x0.92=0.782	29,2	37,34
5	0.72x1.16=0.8352	23,1	27,65
6	0.72x1.07=0.7704	33,1	42,96
7	0.83x0.72=0.5976	26	43,5
8	0.71x0.81=0.5751	22,6	39,29
9	1.13x1.02=1.1526	23,4	20,3
10	0.74x1.02=0.7548	21,6	28,61
11	1.02x0.72=0.7344	26,6	36,22
12	0.79x1.08=0.8532	30,8	36,09
13	0.92x0.62=0.5704	18,2	31,9
14	1.03x0.68=0.7004	26,4	37,69
15	0.76x0.89=0.6764	23	34

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo OptiBond FL

Grupo C: Frotación por 30 segundos.

- Fecha de la muestra: 25/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	0.91x0.78=0.7098	24,7	34,79
2	0.66x1.23=0.8118	30,8	37,94
3	0.74x0.66=0.4884	32,8	67,15
4	0.73x0.89=0.6497	36,7	56,48
5	0.82x0.76=0.6232	29,1	46,69
6	0.93x0.77=0.7161	23	32,11
7	0.89x1.14=1.0146	27,8	27,39
8	0.72x1.05=0.756	29,7	39,28
9	0.81x1.02=0.8262	29,5	35,70
10	0.93x0.77=0.7161	20,6	28,76
11	0.77x0.65=0.5005	15,4	30,76
12	1.11x0.81=0.8991	23	25,58
13	0.73x0.68=0.4964	22,4	45,12
14	1.09x0.68=0.7412	23,6	31,84
15	0.76x0.79=0.6004	14,7	24,48

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Adper Single Bond 2

Grupo D: Frotación por 10 segundos.

- Fecha de la muestra: 26/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	0.88x1.33=1.1704	13,2	11,27
2	1.39x1.03=1.4317	17,2	12,01
3	1.29x0.95=1.2255	15,3	12,48
4	0.79x0.81=0.6399	10,8	16,87
5	0.79x0.85=0.6715	11,3	16,82
6	0.80x1.24=0.992	13,2	13,30
7	1.28x0.82=1.0496	15,3	14,57
8	0.92x1.26=1.1592	12,4	10,69
9	0.89x0.79=0.7031	13,5	19,20
10	0.92x0.97=0.8924	15,8	17,70
11	0.95x1.26=1.197	10,7	8,93
12	1.24x0.93=1.1532	13,1	11,35
13	0.96x0.92=0.8832	14,7	16,64
14	0.90x1.34=1.206	14,7	12,18
15	0.93x0.89=0.8277	13,5	16,31

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Adper Single Bond 2

Grupo E: Frotación por 20 segundos.

- Fecha de la muestra: 26/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	0.66x0.98=0.6468	12,8	19,78
2	0.60x0.96=0.576	12,7	22,04
3	0.86x1.01=0.8686	14,4	16,57
4	0.96x1.14=1.0944	16,2	14,80
5	0.65x1.14=0.741	12,6	17,00
6	1.17x0.88=1.0296	13	12,62
7	1.19x0.76=0.9044	14,3	15,81
8	0.94x1.06=0.9964	12,6	12,64
9	0.95x1.06=1.007	11,7	11,61
10	0.89x0.96=0.8544	15,5	18,14
11	0.86x0.94=0.8084	12,4	15,33
12	0.91x0.88=0.8008	17	21,28
13	0.75x0.88=0.66	10,2	15,45
14	0.89x0.87=0.7743	12,8	16,53
15	1.00x0.96=0.96	14,8	15,41

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Adper Single Bond 2

Grupo F: Frotación por 30 segundos.

- Fecha de la muestra: 26/10/2017
- Fecha de evaluación: 29/10/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	0.80x1.30=1.04	17	16,32
2	0.92x1.08=0.9936	17,1	17,21
3	0.93x1.25=1.1625	19,2	16,51
4	1.09x0.79=0.8611	15,2	17,65
5	0.96x0.94=0.9024	13,5	14,96
6	1.07x1.13=1.2091	18,7	15,46
7	1.15x0.93=1.0695	15,1	14,11
8	1.20x0.81=0.972	18,5	19,03
9	1.13x1.05=1.1865	17,2	14,49
10	1.06x0.78=0.8268	16,2	19,59
11	0.83x0.94=0.7802	15,6	19,99
12	0.86x1.14=0.9804	15,9	16,21
13	1.06x0.90=0.954	16,3	17,08
14	0.82x1.07=0.8774	13,6	15,5
15	1.10x1.25=1.375	20,9	15,2

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Single Bond Universal

Grupo G: Frotación por 10 segundos.

- Fecha de la muestra: 01/11/2017
- Fecha de evaluación: 05/11/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	1.07x0.98=1.0486	9,7	9,25
2	0.60x1.29=0.774	14,3	18,47
3	0.78x0.60=0.468	6,1	13,03
4	0.75x0.97=0.7275	8,6	11,82
5	1.00x0.76=0.76	9,1	11,97
6	0.77x0.85=0.6545	11,6	17,72
7	1.06x0.96=1.0176	9,9	9,72
8	0.94x1.18=1.1092	12,4	11,17
9	0.64x1.20=0.768	15,4	20,05
10	1.13x0.98=1.1074	14,5	13,09
11	0.84x0.73=0.6132	13,9	22,66
12	0.84x1.30=1.092	9,4	8,60
13	0.66x1.07=0.7062	7,5	10,62
14	0.86x1.23=1.0578	23,2	21,93
15	0.63x0.91=0.5733	8,8	15,34

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Single Bond Universal

Grupo H: Frotación por 20 segundos.

- Fecha de la muestra: 01/11/2017
- Fecha de evaluación: 05/11/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	1.16x0.91=1.0556	21,9	20,74
2	0.68x1.28=0.8704	11,2	12,86
3	0.65x1.30=0.845	21,7	25,68
4	0.62x1.29=0.7998	16,3	20,38
5	1.17x1.18=1.3806	32,2	23,32
6	1.16x1.21=1.4036	25,8	18,38
7	1.15x1.29=1.4835	24,7	16,64
8	1.32x1.21=1.5972	26,7	16,71
9	0.60x1.35=0.81	7,7	9,50
10	0.82x1.31=1.0742	19,9	18,52
11	1.26x0.76=0.9576	18,2	19,00
12	0.78x1.32=1.0296	9,3	9,03
13	0.84x0.61=0.5124	13,5	26,34
14	0.99x0.63=0.6237	15,8	25,33
15	0.65x0.83=0.5395	15,7	29,10

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS: Adhesivo Single Bond Universal

Grupo I: Frotación por 30 segundos.

- Fecha de la muestra: 01/11/2017
- Fecha de evaluación: 05/11/2017

N^{0}Especimen	Área	Fuerza de adhesión en N por tracción microtensiómetro	Fuerza de adhesión en MPa por tracción microtensiómetro
1	1.08x1.02=1.2036	16,9	14,04
2	0.70x1.20=0.84	23,1	27,5
3	1.03x0.96=0.9888	22,8	23,05
4	0.78x0.97=0.7566	29,2	38,59
5	0.68x0.85=0.578	8,9	15,39
6	0.80x0.97=0.776	12,6	16,23
7	0.99x1.08=1.0692	21,6	20,20
8	0.86x0.97=0.8342	17,9	21,45
9	1.03x0.92=0.9476	18,4	19,41
10	0.88x0.76=0.6688	15,9	23,77
11	0.73x1.40=1.022	25,3	24,75
12	0.76x0.69=0.544	20,2	37,13
13	0.62x1.05=0.651	13	19,96
14	0.68x1.02=0.6936	14,5	20,9
15	0.86x0.87=0.7482	23,2	31,00

Anexo 2.

Distribución normal de resistencia adhesiva-Prueba de Shapiro Wilk

Para determinación si los grupos presentan distribución normal, se realizó el contraste de normalidad, asumiendo la hipótesis nula (Ho) como verdadera. El análisis se realizó a un nivel de confianza del 95% aceptando un error tipo I del 5%.

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no presentan distribución normal

Frotación	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor[a]
10 segundos	*OptiBond FL*	,944	15	0,437
	Adper Single Bond 2	,944	15	0,442
	Single Bond Universal	,908	15	0,126
20 segundos	*OptiBond FL*	,960	15	0,696
	Adper Single Bond 2	,950	15	0,530
	Single Bond Universal	,961	15	0,701
30 segundos	*OptiBond FL*	,882	15	0,051
	Adper Single Bond 2	,939	15	0,371
	Single Bond Universal	,912	15	0,143

[a] *basada en el test Shapiro-Wilk (n≤30)*

Con valores de p-valor mayores a 0,05; no podemos rechazar la hipótesis nula (Ho), concluyéndose que los datos para la resistencia adhesiva presentan distribución normal, por lo que es posible utilizar una prueba paramétrica para el contraste de hipótesis.

Para la presente investigación se utilizó la prueba ANOVA de un factor, así como la de comparaciones múltiples de Tukey.

Anexo 3

Prueba de hipótesis de diferencia entre más de dos grupos-ANOVA de un factor

1. **Para poder determinar si existían diferencias entre al menos dos grupos de frotación dentro de cada sistema, se utilizó la prueba Anova de un factor estableciéndose las siguientes hipótesis:**

   Ho: Los valores de resistencia adhesiva son iguales entre los grupos

   H1: Al menos dos grupos difieren en cuanto a la resistencia adhesiva

Grupos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
OptiBond FL	Entre grupos	1120,16	2	560,08		
	Dentro de grupos	3002,08	42	71,47	7,83	0,001*
	Total	4122,25	44			
Adper Single Bond 2	Entre grupos	60,93	2	30,46		
	Dentro de grupos	304,56	42	7,25	4,20	0,022*
	Total	365,49	44			
Single Bond Universal	Entre grupos	636,41	2	318,206		
	Dentro de grupos	1555,10	42	37,02	8,59	0,001*
	Total	2191,51	44			

**Diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)*

2. **Para poder determinar si existían diferencias entre al menos dos sistemas adhesivos dentro de cada grupo de, se utilizó la prueba Anova de un factor estableciéndose las siguientes hipótesis:**

   Ho: Los valores de resistencia adhesiva son iguales entre los grupos

   H1: Al menos dos grupos difieren en cuanto a la resistencia adhesiva

Grupos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Por 10 segundos	Entre grupos	1344,00	2	672,00	30,04	0,000*
	Dentro de grupos	939,32	42	22,36		
	Total	2283,32	44			
Por 20 segundos	Entre grupos	2790,23	2	1395,11	51,52	0,000*
	Dentro de grupos	1137,19	42	27,07		
	Total	3927,43	44			
Por 30 segundos	Entre grupos	3428,81	2	1714,40	25,85	0,000*
	Dentro de grupos	2785,22	42	66,31		
	Total	6214,04	44			

**Diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)*

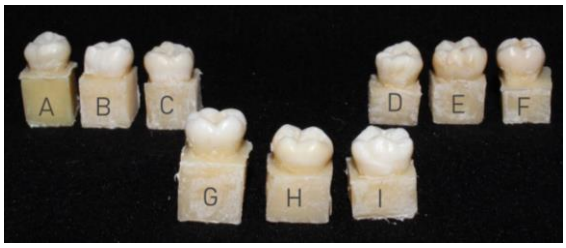
Anexo 4

FOTOGRAFÍAS DE PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS

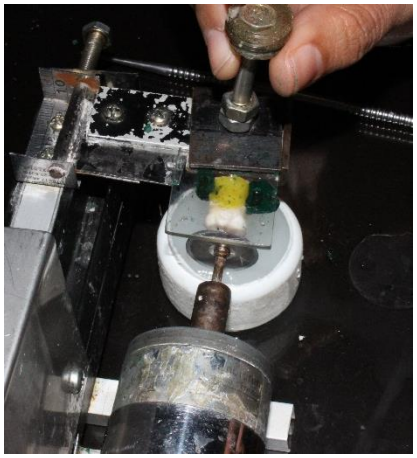
Distribución de los 9 molares

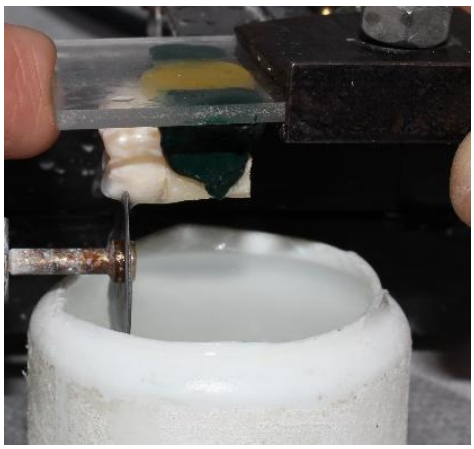


Molares con base de bisacryl

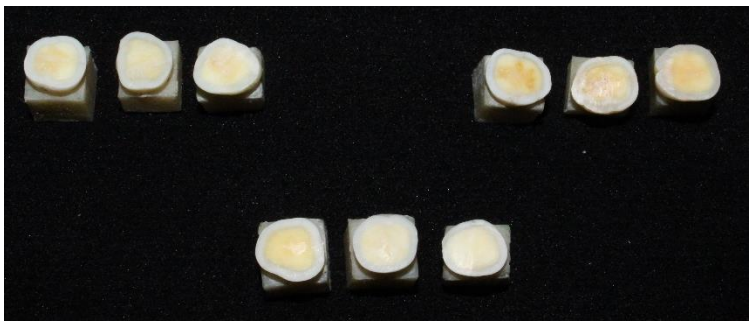


Corte del esmalte coronal con máquina de corte tipo Isomet





Molares sin esmalte coronal



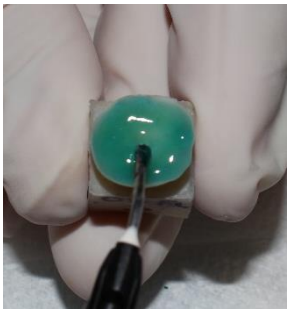
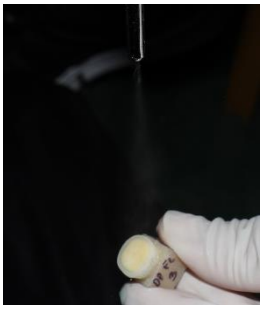
Creación del cubo de silicona transparente para la resina

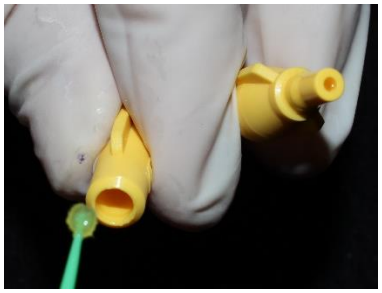


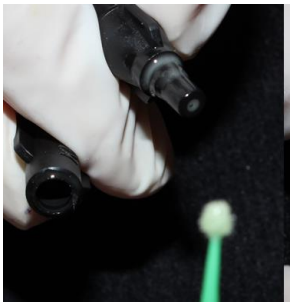
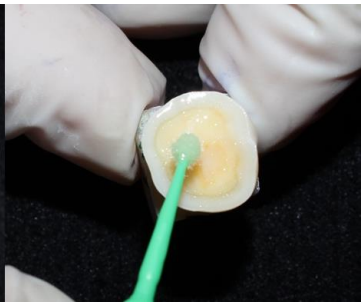


Aplicación del sistema Adhesivo Etch & Rinse de tres pasos OptiBond FL (Kerr), grupo A durante 10s, grupo B durante 20s y grupo C durante 30s





Aplicación del Sistema Adhesivo Etch & Rinse de dos pasos Adper Single Bond 2 (3M), grupo D durante 10s, grupo E durante 20s y grupo F durante 30s







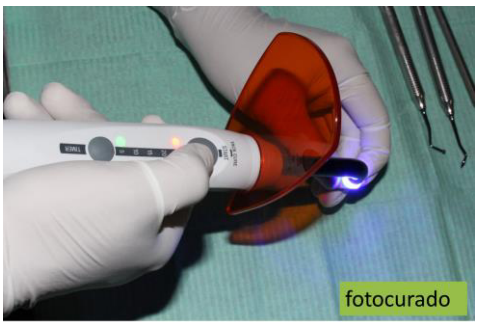


Aplicación del sistema Adhesivo Multimodal Single Bond Universal (3M) sin grabado; grupo G durante 10s, grupo H durante 20s y grupo I durante 30s

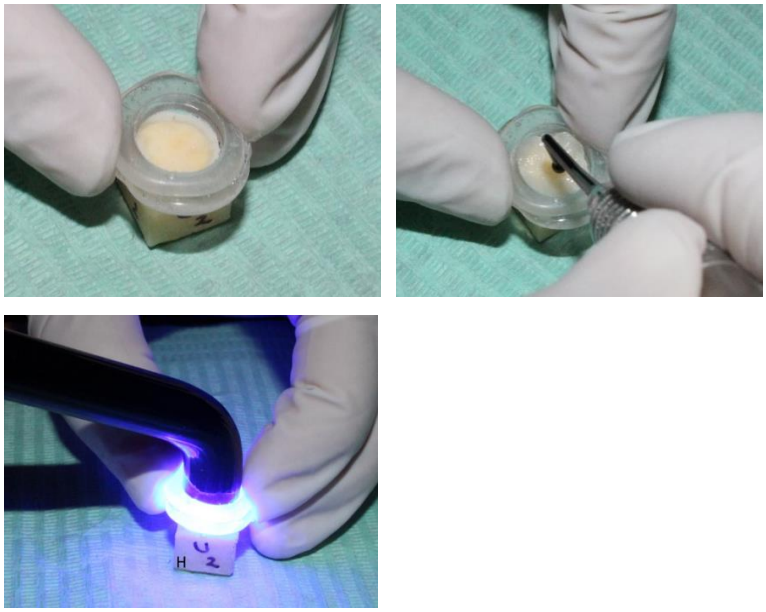




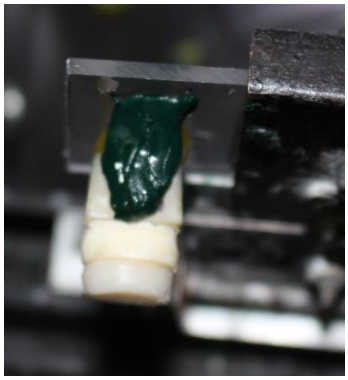


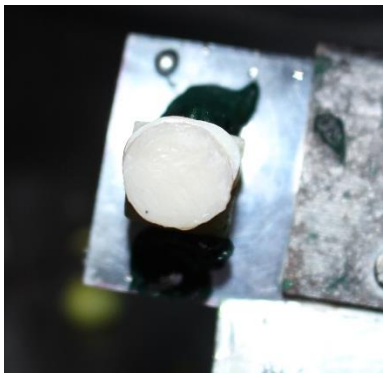


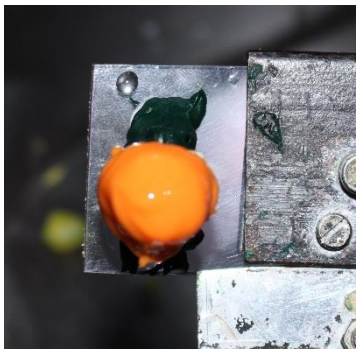
FORMACION DEL CUBO DE RESINA, TECBICA INCREMENTAL (Z350) PARA TODOS LOS GRUPOS DE ESTUDIO



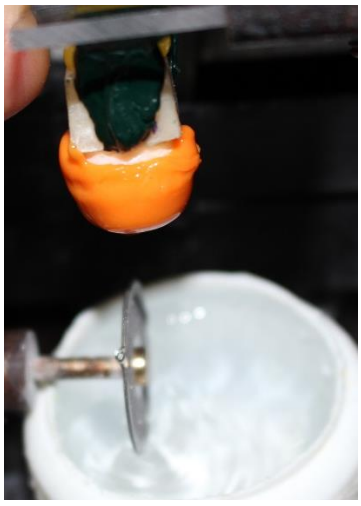
OBTENCIÓN DE LOS ESPECÍMENES EN TODOS LOS GRUPOS



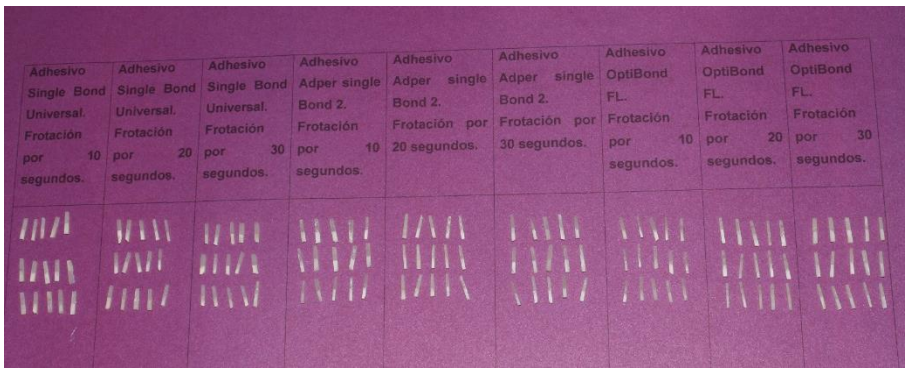





Calibrando la medidas del corte






Adhesivo Single Bond Universal. Frotación por 10 segundos.
Adhesivo Single Bond Universal. Frotación por 20 segundos.
Adhesivo Single Bond Universal. Frotación por 30 segundos.
Adhesivo Adper single Bond 2. Frotación por 10 segundos.
Adhesivo Adper single Bond 2. Frotación por 20 segundos.
Adhesivo Adper single Bond 2. Frotación por 30 segundos.
Adhesivo OptiBond FL. Frotación por 10 segundos.
Adhesivo OptiBond FL. Frotación por 20 segundos.
Adhesivo OptiBond FL. Frotación por 30 segundos.



USO DE MICROTENSION



