

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Odontología

“Evaluación in vitro de la influencia en la resistencia adhesiva de la aplicación sobre la superficie dentinaria de EDTA al 18% en 15 segundos, 1 minuto y 90 segundos y ácido fosfórico al 37% en 15 segundos”

María José Barzallo Córdova

Johanna Monar Coloma, Dra. Endodoncista, Directora de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Odontólogo

General

Quito, Abril 2013

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

“Evaluación in vitro de la influencia en la resistencia adhesiva de la aplicación sobre la superficie dentinaria de EDTA al 18% en 15 segundos, 1 minuto y 90 segundos y ácido fosfórico al 37% en 15 segundos”

María José Barzallo

Dra. Johana Monar
Director de Tesis

.....

Dra. Sofía Mantilla
Tutor de Tesis

.....

Dra. Ana Cristina Viteri
Miembro del Comité de Tesis

.....

Dra. María Eugenia Browne
Miembro del Comité de Tesis

.....

Dr. Santiago Bravomalo
Miembro del Comité de Tesis

.....

Dr. Fernando Sandoval
Decano del Colegio de Odontología

.....

Quito, Abril 2013

© DERECHOSDEAUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a los dispuestos en la política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: María José Barzallo Córdova

CI: 1712666351

Fecha: Abril del 2013

Dedicatoria

A mi madre por ser el apoyo incondicional en mi vida, por darme las fuerzas para seguir adelante y enseñarme que siempre que uno quiere puede y que no hay obstáculos que no se pueda vencer.

A mi padre por darme el apoyo para culminar mis estudios universitarios y enseñarme que no hay nada imposible en esta vida si se trabaja con esfuerzo y perseverancia.

Y por último a mi abuelito por ser el pilar de mi familia y siempre respaldarme en todos los caminos de mi vida y más que nada por ser más que un padre para mí.

Agradecimientos

A cada uno de mis maestros de Facultad de Odontología de la Universidad San Francisco de Quito, por no solo impartirme los conocimientos para ser un buen profesional, sino que también me enseñaron a ser un excelente ser humano.

A la Dra. Johana Monar y Dra. Sofía Mantilla quienes me guiaron y ayudaron en la realización de la tesis.

A cada una de mis compañeras que más que eso son mi familia, por siempre estar a mi lado en cada paso de estos cinco años de carrera y apoyarme en todo momento.

Resumen

El presente estudio in vitro tuvo como propósito determinar la factibilidad de la sustitución del ácido fosfórico por EDTA, para el acondicionamiento ácido de la dentina. Cuarenta terceros molares fueron preparados para el estudio de fuerza de adhesión. Mediante la eliminación del esmalte coronal se expuso dentina, la cual fue acondicionada con dos agentes ácidos a diferentes tiempos; siendo estos: ácido fosfórico al 37% (A) por 15 segundos, EDTA 18% (B) por 15 segundos, EDTA 18% (C) por 60 segundos y EDTA (D) 18% por 90 segundos. Posterior al grabado ácido se prosiguió con la adhesión de una columna de resina a la dentina, mediante la utilización del adhesivo Adper Single Bond 2 y resina Filtek Z350 3M ESPE. La fuerza de adhesión de cada grupo de estudio fue evaluada después de 3 horas, mediante la utilización de una máquina universal de pruebas con una velocidad de 0,5mm/min. El grupo que presentó mayor fuerza de adhesión fue el grupo D: EDTA 90 segundos. Para el procesamiento de datos se utilizó los modelos estadísticos ANOVA y Tukey HSD con los que se tomó un 95% de confianza y un valor $p \geq 0,05$. Los resultados fueron estadísticamente significativos para los grupos B y D y no significativos para el grupo C, en comparación con el grupo control A. En conclusión el EDTA al 18% aplicado por 90 segundos es un sustituto efectivo y más eficiente que el ácido fosfórico en el grabado ácido de dentina.

PALABRAS CLAVES: Adhesión, Ácido fosfórico, EDTA, Acondicionamiento ácido dentina.

Abstract

The purpose of this in vitro study was to determine if the conditioning enamel and dentin with EDTA can be a substitute for treating acid-etching dentin. Fourthly third molars were prepared for the study of bond strength. The coronal enamel was removed and dentin was exposed, which was etching with two acidic agents at different times: 37% phosphoric acid (A) for 15 seconds, EDTA 18% (B) 15 seconds, EDTA 18% (C) 60 seconds and EDTA (D) 18% 90 seconds. After etching a column of resin was bonded to dentin, using adhesive Single Bond 2 Adapter and 3M ESPE Filtek Z350. The adhesion strength of each study group was evaluated after 3 hours, using a universal testing machine at a speed of 0.5 mm / min. The group that presented the highest bond strength was the group D being the 90 seconds of EDTA. For data processing we used statistical models ANOVA and Tukey HSD, for these studies it was taken with a 95% confidence and a $p \geq 0.05$, the results were statistically significant for groups B and D and not significant to the group C, compared to the control group A. EDTA 18% applied for 90 seconds is a more efficient and effective substitute for phosphoric acid etching of dentin.

KEY WORDS: Adhesion, phosphoric acid, EDTA, Acid-etching dentin.

Lista de abreviaturas y siglas

MMPs .- Matriz de metaloproteinasas.

N.- newtons

MPa.- megapascales

EDTA.- ácido etilendiaminotetraacético

Tabla de contenido

Hoja de Aprobación de Tesis	
Derechos de Autor	
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Tabla de Contenido.....	10
Índice Figuras.....	13
Índice Tablas.....	15
Índice Gráficos.....	16
1 Introducción	17
2 Justificación	20
3 Objetivo General.....	22
4 Objetivos Específicos.....	22
5 Hipótesis	23
6 Marco teórico.....	24
6.1 Dentina.....	24
6.1.1 Propiedades Físicas.....	28

6.1.2	Clasificación de la dentina	29
6.2	Túbulos Dentinarios	30
6.2.1	Fibrilla de Tomes o Proceso Odontoblástico	32
6.2.2	Dentina Interglobular.....	33
6.2.3	Dentina Peritubular e Intertubular	33
6.2.4	Líneas Incrementales en Dentina	34
6.2.5	Tracto Muerto.....	36
6.3	Barrillo Dentinario	37
6.4	Agentes Quelantes.....	39
6.4.1	Ácido Fosfórico	39
6.4.2	EDTA.....	41
6.5	Adhesión	44
6.5.1	Sistemas Adhesivos.....	46
7	Materiales y métodos.....	57
7.1	Diseño del Estudio:	57
7.2	Muestra	57
7.2.1	Obtención y almacenamiento de la muestra.....	57
7.2.2	Preparación bases acrílicas.....	58
7.3	Materiales	58
7.3.1	Criterios de Inclusión.....	59

7.3.2	Criterios de exclusión.....	60
7.4	Metodología.....	60
7.4.1	Preparación de la muestra.....	60
7.4.2	Prueba de Resistencia de Corte	70
7.4.3	Procesamiento de datos.....	72
8	Resultados.....	73
9	Discusión	80
10	Conclusiones.....	85
11	Recomendaciones.....	86
12	Bibliografía.....	87
13	Anexos	92

Índice Figuras

1	Figura 1 Complejo Amelo-dentinario Gómez de Ferraris 2009	24
2	Figura 2 Túbulos dentinarios Gómez de Ferraris 2009	30
3	Figura 3 Procesos Odontoblásticos Gonzales 2011	32
4	Figura 4 Líneas incrementales de dentina Chowdhary 2010.....	35
5	Figura 5 Tracto Muerto Chowdhary 2010.....	36
6	Figura 6 Barrillo dentinario Kolker et al 2002.....	37
7	Figura 7 Ácido Fosfórico 3M ESPE	39
8	Figura 8 Ultradent EDTA 18% http://www.ultradent.com	41
9	Figura 9 Microfotografía electrónica de barrido de la unión al esmalte del Adhesivo Adper™ Single Bond 2. 3M ESPE 2012	45
10	Figura 10 Muestras Grupo A	61
11	Figura 11 Acondicionamiento con ácido fosfórico	62
12	Figura 12 Aplicación del adhesivo grupo A	62
13	Figura 13 Aplicación resina grupo A.....	63
14	Figura 14 Grupo Muestras B	63
15	Figura 15 Acondicionamiento con EDTA grupo B	64
16	Figura 16 Aplicación Adhesivo grupo B.....	64
17	Figura 17 Aplicación resina grupo B.....	65
18	Figura 18 Grupo Muestras C	65

19 Figura 19 Acondicionamiento EDTA grupo C.....	66
20 Figura 20 Aplicación Adhesivo grupo C	66
21 Figura 21 Aplicación resina grupo C	67
22 Figura 22 Grupo Muestras D	67
23 Figura 23 Acondicionamiento con EDTA grupo D	68
24 Figura 24 Aplicación Adhesivo grupo D	68
25 Figura 25 Aplicación resina grupo D	69
26 Figura 26 Máquina Universal de Pruebas	70
27 Figura 27 Prueba resistencia al corte.....	66
28 Figura 28 Barra de corte.....	71

Índice Tablas

Tabla 1 <i>Composición Matriz orgánica Dentina Gómez de Ferraris 2009</i>	25
Tabla 2 <i>Composición Matriz Inorgánica Dentina Gómez de Ferraris 2009</i>	26
Tabla 3 <i>Procesamiento de los casos</i>	73
Tabla 4 <i>Resistencia Adhesiva</i>	73
Tabla 5 <i>ANOVA</i>	76
Tabla 6 <i>Comparaciones múltiples de Tukey</i>	77
Tabla 7 <i>HSD de Tukey</i>	79

Índice Gráficos

Gráfico 1 Comparación de Resistencia Adhesiva.....	75
Gráfico 2 Máximos y Mínimos.....	75
Gráfico 3 Variabilidad de los grupos de muestra	79

1 Introducción

En la actualidad la Odontología se encuentra en una tendencia de suma estética, en donde el perfeccionamiento de los productos, que tengan un protocolo clínico de uso simple, un acabado estético y durabilidad es de gran importancia. (Nocchi, 2008, pág. 104).

La gran evolución que han tenido los sistemas adhesivos, especialmente en la última mitad del siglo XX, ha cambiado de manera significativa la práctica de la odontología restauradora. Éste gran cambio en la historia de la odontología se dio a partir del trabajo desarrollado por Buonocore, el cuál introdujo la técnica del grabado o acondicionamiento del esmalte en 1955. (Nocchi, 2008, pág. 104).

El grabado ácido ha revolucionado el concepto de adhesión en odontología restauradora. Para obtener una buena adhesión y la creación de la capa híbrida, es necesaria una optimización de la retención mecánica mediante el aumento de rugosidad del esmalte y la exposición de dentina intacta asociada con colágeno; lo cual en la actualidad es conseguido con la utilización de ácido fosfórico para el grabado de esmalte y remoción del barrillo dentinario en dentina. (Bogra P, 2003, pág. 79).

La adhesión entre la estructura dentaria y el material restaurador, es mayor cuanto mejor sea la limpieza, tanto de esmalte como dentina. Se han propuesto diversos productos para la remoción parcial o total del barrillo dentinario. En un principio se recomendó el uso de ácidos de bajo peso molecular como el ácido cítrico o peróxido de hidrógeno. (Mount, 1999, pág. 79). Sin embargo, en la actuali-

dad es el ácido fosfórico, un ácido inorgánico fuerte el más utilizado, debido a que los ácidos fuertes a bajo pH desnaturalizan las proteínas tales como colágeno. Se ha podido comprobar que la penetración del ácido fosfórico es mayor en el interior de los túbulos. (Bogra P, 2003, pág. 79).

Cuando se cortan o se pulen las estructuras dentarias durante la preparación cavitaria, se produce un depósito de detritus de diverso origen sobre las paredes dentinarias. (Macchi, 2007, pág. 133), denominado barrillo dentinario que se encuentra conformado principalmente por restos de tejido dental. También se conoce que dentro de su composición se encuentra placa dental, película, saliva y posiblemente sangre. (Mount, 1999, pág. 5).

Dicho barrillo dentinario puede ser eliminado mediante ácidos, que grabarán la dentina y esmalte, para permitir la limpieza de los túbulos dentinarios y posteriormente una correcta integración entre la estructura dentaria y el material restaurador. Lo antes nombrado es el mecanismo básico de adhesión al esmalte y dentina, lo cual esencialmente consiste en el reemplazo de minerales del tejido duro de la estructura dentaria con el material restaurador. (Ihab M. Ibrahim, 2010, pág. 419).

Cuando la dentina es grabada con el ácido fosfórico, una delgada capa de fibras colágenas es expuesta. Cuando no se da una óptima impregnación del sistema adhesivo, algunas fibrillas de colágeno que se encuentran en la superficie de la zona de desmineralización no son encapsuladas completamente. La degradación de estas fibrillas colágenas no protegidas producen el fracaso de la adhesión entre dentina y resina. (Terence A. Imbery, 2012, pág. e55).

Muchos agentes quelantes han sido utilizados para la eliminación de barrillo y microabráción de dentina como son el ácido fosfórico, maléico, nítrico, cítrico y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). (Ihab M. Ibrahim, 2010, pág. 419). Para lograr microirregularidades en la estructura dentaria junto con la preservación de la matriz de colágeno se ha recomendado el uso de ácidos más leves, los cuales también son capaces de eliminar la capa de barrillo dentinario, permeabilizar la dentina y otorgar una exposición más estable de la matriz de colágeno; como son los ácidos: maléico, cítrico y EDTA. (Bogra P, 2003, pág. 79).

2 Justificación

La importancia de la remoción del barrillo dentinario mediante los diferentes agentes ácidos, radica en la eliminación del material contaminado que forma parte de este barrillo y la permeabilidad de los túbulos dentinarios. Al eliminar el barrillo dentinario se permite que el material restaurador penetre en los túbulos formando de esta forma la capa híbrida, de la cual dependerá la prevención de caries residual, caries recurrente, el éxito y longevidad de la restauración. (Carrillo, Capa Híbrida, 2005, pág. 181).

El correcto manejo y elección del agente desmineralizante es de vital importancia, debido a que la profundidad de la descalcificación, depende principalmente del tipo, concentración y el tiempo de aplicación del agente acondicionador. (Carrillo, Capa Híbrida, 2005, pág. 182).

La principal razón para la degradación de la resistencia adhesiva entre resina y dentina, es la degradación de las fibrillas colágenas que se encuentran en la superficie desmineralizada. Esta degradación de las fibras colágenas se puede dar de maneras: por caries y activación de la matriz de metaloproteinasas (MMPs). El grabado ácido de la dentina y la aplicación de primers ácidos con el adhesivo, activan las MMPs enzimas proteolíticas capaces de degradar las fibras colágenas, lo cual dará como resultado una falla en la adhesión y por lo tanto el fracaso de la restauración. (Terence A. Imbery, 2012, pág. e55). Es por esta razón que es necesario reemplazar el ácido fosfórico por un material neutral, que sea

capaz de eliminar el calcio, es decir desmineralizarsin alterar las proteínas de la dentina, como lo es el EDTA.

La realización del actual estudio se da debido a que es necesario una solución desmineralizante que cumpla con el objetivo de eliminar el barrillo dentinario para una correcta adhesión y que al mismo tiempo no cause daños a la estructura dentaria. Para esto es preciso la comprobación in vitro de estos agentes con sus correspondientes concentraciones y a diferentes tiempos, y así determinar la sustancia más conveniente y a un tiempo correcto. Para de esta forma verificar la posibilidad de remplazar el ácido fosfórico, que ha sido utilizado tradicionalmente en adhesión, por un ácido neutral como el EDTA.

3 Objetivo General

Comparar la fuerza de adhesión a dentina posterior al acondicionamiento con EDTA a diferentes tiempos, con el otorgado después de acondicionamiento ácido con ácido fosfórico.

4 Objetivos Específicos

1. Medir mediante pruebas de fuerza de corte, la resistencia adhesiva entre estructura dentinaria y material restaurador otorgada por el EDTA en 15 segundos, 1 minuto y 90 segundos.

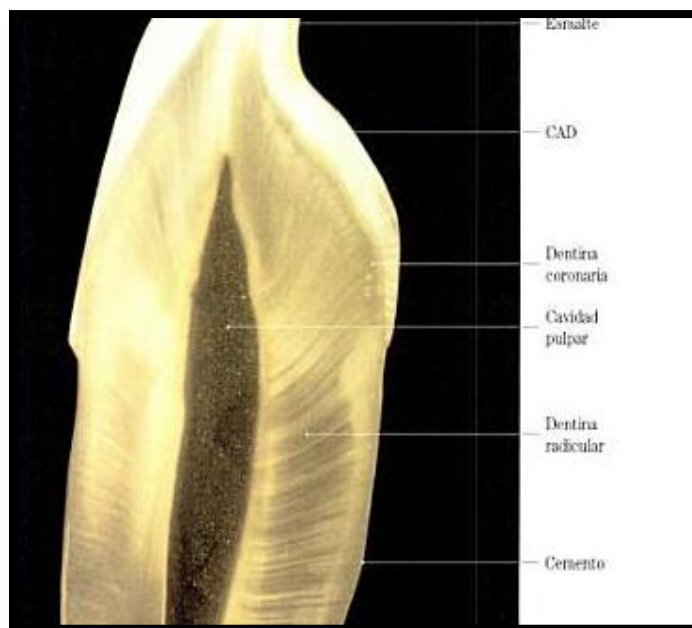
2. Medir mediante pruebas de fuerza de corte, mediante una máquina universal de pruebas, la resistencia adhesiva entre la estructura dentinaria y material restaurador, otorgada por el grabado ácido con ácido fosfórico al 37%.

5 Hipótesis

- La utilización de EDTA al 18% como grabador ácido mejora la resistencia adhesiva entre la estructura dentinaria y la resina, por lo tanto, puede reemplazar el grabado ácido con ácido fosfórico al 37%
- La resistencia adhesiva del EDTA al 18% mejora al aumentar el tiempo de acondicionamiento ácido en la dentina.

6 Marco teórico

6.1 Dentina



1Figura 1 Complejo Amelo-dentinario Gómez de Ferraris 2009

La dentina, también llamada sustancia ebúrnea o marfil. (Gómez de Ferraris, 2009), es un tejido vivo no expuesto al medio bucal en condiciones normales. Se encuentra recubierta en la corona a manera de casquete por esmalte dental, mientras que en la porción radicular se encuentra tapizada por cemento. (James K. Avery, 2007, pág. 108). Constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria delimitando a la cámara pulpar, en donde se encuentra la pulpa dental, que otorga la sensibilidad y vitalidad al diente. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 255).

El espesor de la dentina depende de la pieza dentinaria, normalmente en cada diente el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos y menor en

la raíz; sin embargo dado el crecimiento aposicional de la dentina, el espesor es mayor en dientes viejos que en los jóvenes. (Gómez de Ferraris, 2009).

La dentina empieza su formación en la superficie de la papila dental después de la formación de una capa superficial de células denominadas odontoblastos, los cuales se encuentran relacionados cercanamente con las células formadoras de hueso, osteoblastos. Los odontoblastos diferenciados formadores de dentina son totalmente comparables, e inclusive derivados de los fibroblastos normales presentes en la papila dental y posteriormente en la pulpa dental. (Chase, Feb 1948).

La dentina químicamente se encuentra compuesta por material inorgánico 70%, materia orgánica 18% y agua 12%. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 257).

Matriz Orgánica	18%	
Colágeno 90% de matriz extracelular		Tipos I Y I trímero (98%)
		Tipo III (1-2%)
		Tipo V (1%)
		Tipos IV y VI
		Proteínas fosforiladas de la matriz
		Proteínas de la matriz no fosforiladas
Proteínas no colágenas 10% de la matriz extracelular		Proteoglicanos
		Amelogenina
		Factores de crecimiento e inhibición
		Metaloproteinasas de la matriz
		Fosfatasa alcalina
		Proteínas derivadas del suero
Fosfolípidos		Fosfolípidos de membrana 66%
		Fosfolípidos asociados al mineral extracelular 33%

Tabla 1 Composición Matriz orgánica Dentina Gómez de Ferraris 2009

Matriz Inorgánica	70%	
Cristales de Hidroxiapatita		Dimensiones de los cristales: 36um de longitud, 25um de anchura, 10um de altura.
		70-75% se disponen entre las fibras
		25-30% se disponen dentro de las fibras
Fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos		
Calcio		Ligado a componentes de la matriz orgánica que actuarían como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita

Tabla 2 Composición Matriz Inorgánica Dentina Gómez de Ferraris 2009

La dentina se encuentra formada principalmente por dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los conductos o túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y en cuyo interior se encuentran los procesos odontoblasticos, los mismos que se encargaran de producir la matriz colágena de la dentina y también de mineralizar la misma, en otras palabras serán los encargados de la formación y mantenimiento de la dentina. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 255).

Los odontoblastos son los encargados de la formación de dentina; forman una capa epitelial sobre la superficie dentaria interna, es decir la superficie que se encuentra en contacto con la pulpa. Son células cilíndricas que contienen un retículo endoplasmático rugoso bien desarrollado, un gran aparato de Golgi y otros orgánulos asociados con la síntesis y la secreción de grandes cantidades de proteína. La capa odontoblástica retrocede a medida que la dentina es depositada, pero deja en esta última las prolongaciones odontoblásticas dentro de los túbulos dentinarios. Los túbulos dentinarios y las prolongaciones odontoblásticas conti-

núan alargándose conforme la dentina aumenta de espesor mediante un crecimiento rítmico; dicho crecimiento produce ciertas líneas de crecimiento en la dentina (líneas incrementales de Von Ebner y líneas de Owen), que señalan crecimientos evolutivos importantes. (Michael H. Ross, 2007, pág. 535).

Los cuerpos celulares de los odontoblastos se encuentran separados de la dentina mineralizada por una zona de matriz orgánica no mineralizada denominada predentina. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 255). Esta predentina es la matriz orgánica recién sintetizada que está más cerca del odontoblasto y todavía tiene que mineralizarse. A pesar de que los componentes proteicos de la matriz orgánica en su mayoría son similares a los que hay en el tejido óseo, la predentina contiene dos proteínas exclusivas. (Michael H. Ross, 2007, pág. 536):

- **Fosfoproteína de la dentina (DPP).**- proteína fosforilada muy ácida, de 45kDa, que contiene una cantidad abundante de ácido aspártico y fosfoserina y fija una gran cantidad de calcio. La DPP participa en la iniciación de la mineralización y en el control del tamaño y la forma del mineral.
- **Sialoproteína de la dentina (DSP).**- proteoglicano de 100kDa que contiene mucho ácido aspártico, ácido glutámico, serina, glicina y condroitin 6-sulfato. La DSP también interviene en el proceso de mineralización.

6.1.1 Propiedades Físicas

Color

La dentina presenta un color blanco amarillento, sin embargo varía de un individuo a otro, como también a lo largo de la vida. El color de la dentina depende principalmente de. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 257):

- El grado de mineralización.
- La vitalidad pulpar.
- La edad.
- Los pigmentos.

Dureza

La dureza de la dentina, se encuentra determinada por su grado de mineralización. Es mucho menor a la del esmalte y algo mayor que la del hueso y el cemento. Se ha establecido que la microdureza de la dentina en dientes permanentes varía entre 0,57 y 1,13GPa. (Gómez de Ferraris, 2009).

Elasticidad

La elasticidad de la dentina es de gran importancia funcional, debido a que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. La elasticidad de la dentina varía en función del porcentaje de la sustancia orgánica y al agua que contiene. De acuerdo con los valores medios del módulo elástico de Young, la elasticidad de la dentina varía entre 18-25GPa. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 257).

Permeabilidad

La dentina tiene más permeabilidad que el esmalte debido a la presencia de los túbulos dentinarios, que permiten el paso a distintos elementos o solutos que atraviesan con relativa facilidad. Se han descrito dos tipos de mecanismos de transporte a través de los túbulos: por difusión o por presión de los fluidos intersticiales de la pulpa. En este último influye el diámetro y la longitud del túbulo. El movimiento del fluido a través de los túbulos es tanto centrífugo como centrípeto; este movimiento es el responsable del estímulo hidrodinámico, el cual explica el dolor dental. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 257).

La permeabilidad dentinaria y la humedad de la misma, influyen directamente en la calidad de la interface entre el adhesivo y la dentina, y esto puede a su vez afectar a la resistencia de adhesión entre el material restaurador y la dentina. (Danuchit Banomyong, 2007, pág. 502).

6.1.2 Clasificación de la dentina

Se la ha clasificado como primaria, secundaria y terciaria, basado esta clasificación en el período de su desarrollo y las características histológicas que presenta. (James K. Avery, 2007, pág. 108).

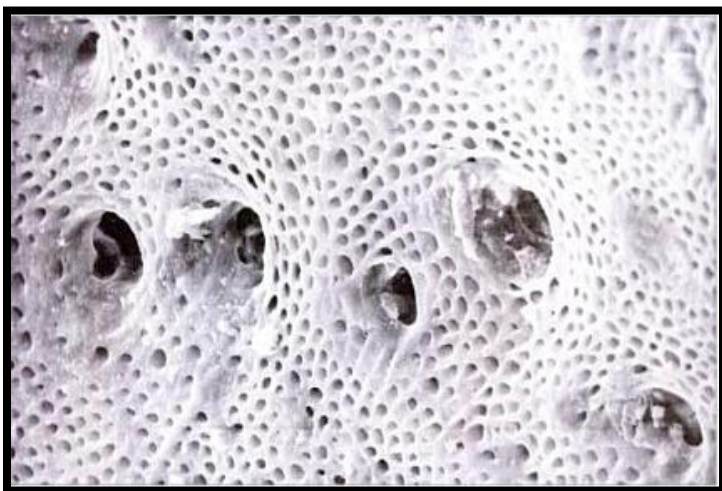
Dentina primaria.- forma la mayor parte del diente que se encuentra alrededor de la pulpa. Se encuentra presente desde la dentinogénesis hasta el momento en el cual el diente entra en oclusión. (Abramovich, 1999).

Dentina secundaria.- la dentina se deposita lentamente a lo largo de la vida del diente, reduciendo el tamaño de la cavidad pulpar. Esta dentina se deposita

sobre todo en el suelo y el techo de la cámara pulpar, dando como resultado alteraciones en su forma y dimensiones. (Mount, 1999, pág. 5).

Dentina terciaria.- también conocida como dentina reparadora, aumenta de grosor con mayor rapidez cuando la superficie dentinaria queda expuesta al entorno oral como consecuencia de un accidente o del desgaste, o cuando el odontoblasto entra en contacto con los productos del metabolismo bacteriano. (Mount, 1999, pág. 5).

6.2 Túbulos Dentinarios



2Figura 2 Túbulos dentinarios Gómez de Ferraris 2009

La unidad estructural importante en la adhesión a la dentina son los túbulos dentinarios. (Tooth Colore Restoratives: Principles & Techniques, 2002) También denominados conductillos dentinarios, son estructuras cilíndricas delgadas que se encuentran atravesando todo el espesor de la dentina desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria o cementodentinaria. (Gómez de Ferraris, 2009).

Los túbulos siguen el curso de una curva sigmoidea y su configuración es determinada por el curso que han tomado los odontoblastos durante la dentinogé-

La unidad estructural importante en la adhesión a la dentina son los túbulos dentinarios. (Tooth Colore Restoratives: Principles & Techniques, 2002) También denominados conductillos dentinarios, son estructuras

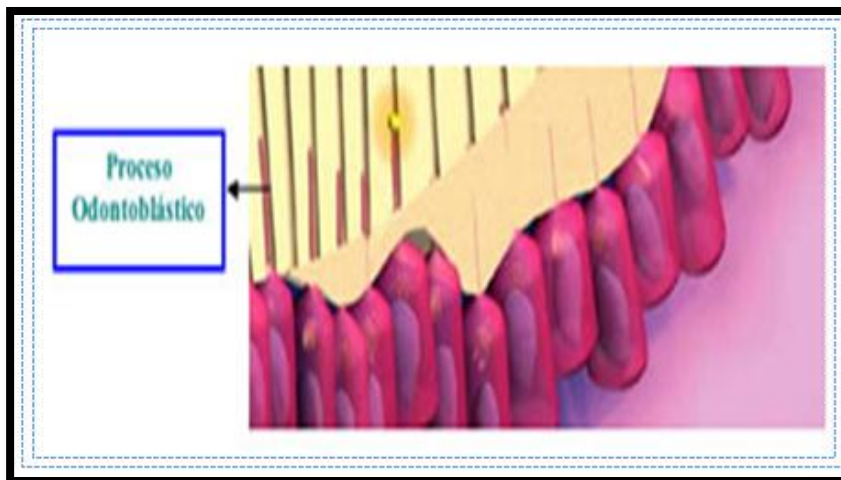
nesis; sin embargo este recorrido muestra ser más recto en los bordes incisales, las cúspides y las raíces. (Chowdhary N, 2010) (Roberson, 1995, pág. 19).

Su longitud promedio oscila entre 1,5 y 2mm, y el conjunto de todos ellos constituyen un verdadero sustrato estructural de carácter microtubular. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 259). Los túbulos mantienen la hidratación e incrementa la resistencia a la fractura de la matriz de colágeno, la cual mantiene al esmalte y a la dentina unidas. (Tooth Colore Restoratives: Principles & Techniques, 2002).

La pared del túbulo está constituida por dentina peritubular, formada por una matriz mineralizada que ofrece una estructura y composición química característica; la dentina peritubular es mucho más mineralizada que la dentina intertubular circulante. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 259).

El diámetro o luz tubular que poseen los túbulos dentinarios es variable, esto dependerá de la edad del diente, su condición fisiopatológica y el sitio donde se lo mide. Tienen mayor diámetro junto a la pulpa que en el límite amelodentina-rio. (Barrancos, 2006, pág. 268). En la dentina coronal, los túbulos tienen un diámetro medio de 0,5-0,9 μm en la unión dentina-esmalte, llegando a medir en la pulpa de 2-3 μm . (Roberson, 1995, pág. 19). Debido a que los odontoblastos forman dentina avanzando hacia la pulpa, los túbulos se van acercando cada vez más; es por esta razón que los túbulos aumentan de 15.000-20.000/ mm^2 a nivel de la unión dentina-esmalte hasta 45.000-65.000/ mm^2 a nivel pulpar. (Roberson, 1995, pág. 19).

6.2.1 Fibrilla de Tomes o Proceso Odontoblástico



3Figura 3 Procesos Odontoblásticos Gonzales 2011

En el interior del túbulo dentinario se encuentra la fibrilla de Tomes o también llamada prolongación citoplasmática del odontoblasto. (Barrancos, 2006, pág. 268).

De acuerdo con algunos autores, se afirma que en el diente recién erupcionado, la fibrilla de Tomes ocupa en su totalidad al túbulo dentinario, desde la pulpa hasta el límite amelodentinario; sin embargo, otros autores aseguran que el proceso odontoblástico solo se extiende hasta 0,7mm de la pulpa y el resto del túbulo se encuentra conformado por un líquido similar al líquido intercelular, rico en sodio y pobre en potasio, lo cual lo diferencia del contenido citoplasmático. (Barrancos, 2006, pág. 269).

Entre la pared del túbulo y la prolongación citoplasmática se encuentra un espacio denominado espacio periprocesal, el cual se encuentra ocupado por el licor o el fluido dentinal proveniente de la pulpa, algunas células y fibras colágenas.

(Barrancos, 2006, pág. 269). Este espacio permite que el fluido se difunda de manera bidireccional; utiliza la vía centrífuga para nutrir la periferia dentinal y la vía centrípeta para conducir los estímulos. (Gómez de Ferraris, 2009, pág. 259).

6.2.2 Dentina Interglobular

La dentina interglobular son las áreas de dentina no mineralizadas o hipomineralizada, en donde las zonas globulares de mineralización no se han fundido en una masa homogénea dentro de la dentina madura. La dentina interglobular es más frecuente en la dentina limitante debido a que esta irregularidad es un defecto de la mineralización y no de la formación de la matriz, el patrón arquitectónico normal de los túbulos dentinarios se mantiene sin cambios y se ejecuta ininterrumpidamente a través de las áreas interglobulares. (Chowdhary N, 2010, pág. 169).

Estas áreas de dentina interglobular se presentan especialmente en dientes humanos que han tenido deficiencia de vitamina D, fluorosis y dentinogénesis imperfecta. (Chowdhary N, 2010, pág. 170).

6.2.3 Dentina Peritubular e Intertubular

La dentina peritubular e intertubular se diferencian por sus distintos grados de calcificación. (Barrancos, 2006, pág. 269).

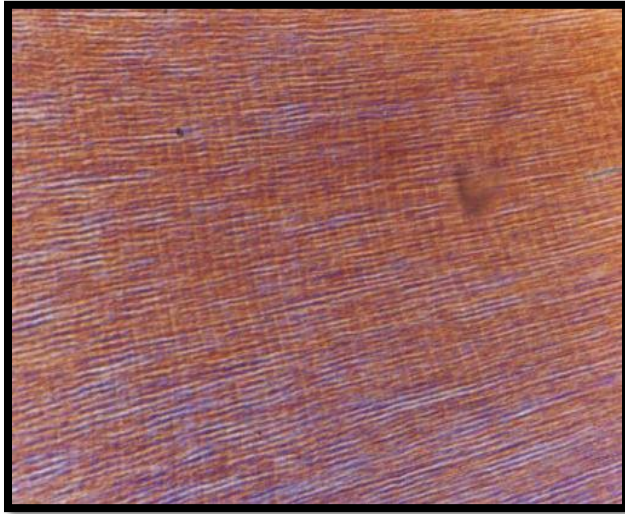
La dentina peritubular, la cual se encuentra recubriendo al túbulo dentinario como una vaina o camisa, otorgando de esta forma más consistencia al túbulo, muestra un alto grado de calcificación. Este tipo de dentina no se observa cerca de la pulpa en dientes jóvenes o dentina recién formada; ésta recién aparece a 0,2 mm de la pulpa en donde se conforma su aspecto característico de tejido muy calcificado. (Barrancos, 2006).

Por otro lado la dentina intertubular, se encuentra separando a los túbulos entre sí, presenta un menor grado de calcificación pero un mayor contenido de matriz orgánica, en especial fibras colágenas. (Barrancos, 2006).

6.2.4 Líneas Incrementales en Dentina

El proceso de dentinogénesis se da rítmicamente, con alternancia de fases de actividad y reposo. Estas fases se encuentran representadas en la dentina como líneas incrementales y se pueden ver mejor en las secciones longitudinales del diente. (Chowdhary N, 2010, pág. 170).

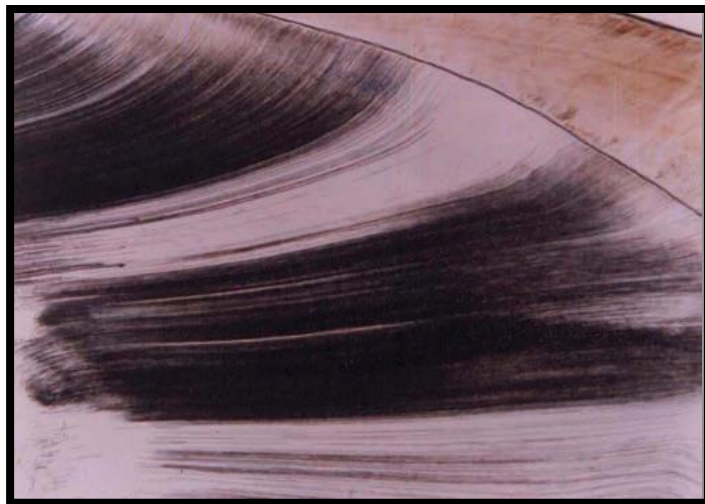
También denominadas como líneas de crecimiento marcan el patrón normal de la deposición de la dentina en el proceso de dentinogénesis. (Chowdhary N, 2010, pág. 170).



4 Figura 4 Líneas incrementales de dentina Chowdhary 2010

Las líneas relacionadas con alteraciones en la dentinogénesis o los depósitos rítmicos de la dentina se llaman líneas de Von Ebner; estas líneas marcan un rango aproximadamente recto con los túbulos dentinarios. (Chowdhary N, 2010, pág. 170).

6.2.5 Tracto Muerto



5Figura 5 Tracto Muerto Chowdhary 2010

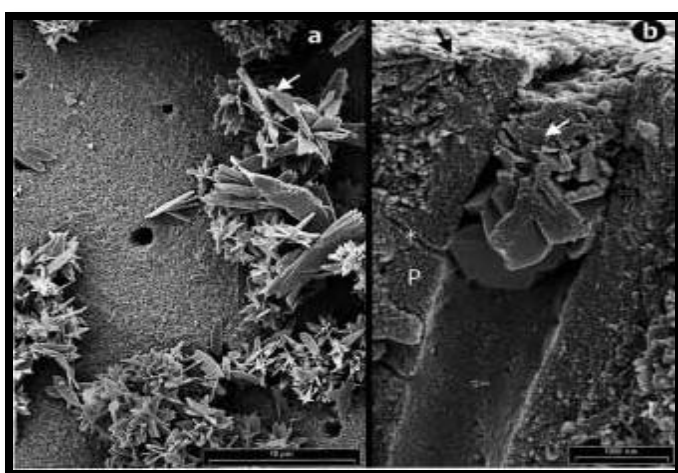
Los tractos muertos son un área de dentina que contiene los túbulos de dentina no funcionales. Una severa irritación de los túbulos dentinarios puede causar la pérdida del contenido que conllevará la pérdida de material intertubular conjuntamente con un fallo en el proceso de mineralización. (Chowdhary N, 2010, pág. 171).

Se ha podido observar que los tractos muertos se dan ya sea por lesiones graves a los procesos odontoblásticos, o bajo superficies de desgaste, caries erosivas, también en dientes sin tratamientos previos. (Chowdhary N, 2010, pág. 171).

Estas zonas de dentina, denominadas tractos muertos, van desde la superficie exterior de la dentina hasta la pulpa; en esta zona los túbulos se encuentran vacíos y se aprecian de color negro bajo el microscopio de luz. Los tractos muer-

tos son sellados a nivel de la superficie pulpar por la dentina de reparación formada por los odontoblastos de sustitución. (Roberson, 1995, pág. 22).

6.3 Barrillo Dentinario



El barrillo dentinario, también conocido como “smear layer” fue descrito por primera vez por Boyde en 1963. (A. Boyde, 1963).

Cuando se corta o se pule la dentina los túbulos dentinarios quedan obliterados por unos restos conocidos como “barrillo dentinario”, esta capa tiene un espesor entre 1-5 μ m, pudiendo penetrar en el interior de los túbulos hasta una profundidad de 40 μ m. (Canalda, 2001), y se encuentra constituido principalmente por restos de tejido dental, así también contaminantes como: colágeno desmineralizado, hidroxiapatita, película, saliva y sangre. (Mount, 1999, pág. 5) (Roberson, 1995).

En 1970 David Eicket *al.*, fueron los primeros en identificar químicamente la capa de barrillo dentinario, al mismo tiempo describieron también la apariencia topográfica del mismo. (Henostroza, 2010).

En 1984 Brannstrom describió la subdivisión de la capa formada sobre la estructura dentinaria: una porción superficial (smear on) que se deposita sobre la dentina intertubular y los orificios de los túbulos que es amorfa, delgada y fácil de eliminar; y la segunda (smear in o smear plug) formada por partículas diminutas que se localizan intratubularmente, la cual se encuentra ocluyendo los túbulos y está fuertemente adherida. (Cameron, 1983). (Henostroza, 2010).

La preparación mecánica de una cavidad con instrumentos manuales o rotatorios producen la capa semiporosa conocida como barrillo dentinario, el grosor, la composición y la morfología de dicha capa dependerá del tipo de instrumento empleado y la ubicación de la dentina que ha sido instrumentada. (Jiovanne Rabelo Neri, 2011).

El barrillo dentinario forma una fuerte unión con superficie de dentina, por lo cual puede interferir en la adhesión resina-dentina, es por esta razón que su eliminación es importante para una correcta adhesión y longevidad de la restauración. (Jiovanne Rabelo Neri, 2011).

Durante un tiempo se mantuvo la controversia acerca de la conveniencia de eliminar o no el barrillo dentinario; por un lado los autores mantenían que al mantener el barrillo dentinario se retardaría la penetración de bacterias a los túbulos y habría menos sensibilidad pulpar tras una restauración. (Canalda, 2001). Sin embargo la capa residual puede funcionar también como una vía de infección y sustrato para el crecimiento bacteriano, así mismo afecta a la penetración y la adhesión de los materiales de obturación. (Rodrigo Diego Goncalves, 2012).

6.4 Agentes Quelantes

6.4.1 Ácido Fosfórico

La adhesión entre dentina y material restaurador se da posiblemente gracias a la técnica de grabado ácido, el cual fue introducido en 1955 por Buonocore. El ácido fosfórico en concentraciones entre el 30% y 50% ha sido utilizado durante décadas en odontología restauradora. (Mahmoudc, 2012, pág. 215).



7Figura 7 Ácido Fosfórico 3M ESPE

Originalmente, el acondicionamiento ácido se realizaba únicamente en esmalte, con el ácido en estado líquido. Sin embargo posteriormente, con la aplicación de los nuevos sistemas adhesivos, el simultáneo grabado ácido del esmalte y la dentina se volvió necesario. (Renata Antonini Pimenta, 2010).

El grabado ácido de la dentina, no es tan predecible como en esmalte, debido a su compleja estructura biológica. Se ha podido determinar diferencias regionales como son: diferente contenido de la matriz orgánica, densidad, túbulos y diferentes formas de dentina, lo que puede resultar en un no-uniforme grabado ácido de la dentina. (Mahmoudc, 2012, págs. 215-216).

Cuando se produce el grabado de la dentina con ácido fosfórico, el barrillo dentinario es completamente removido y la superficie de la dentina cambia su morfología. (Renata Antonini Pimenta, 2010). Al mismo tiempo se abren los túbu-

los dentinarios y se expone la red de colágeno desmineralizado, el mismo que será sellado con monómeros enseguida. (F. Shafiei, 2008).

Dentro de la desmineralización de la dentina se encuentra involucrada así mismo la adhesión de la misma. En los procedimientos de grabado ácido (acondicionamiento y lavado), se utiliza el ácido fosfórico con una concentración de 32% al 37%, su función es exponer las fibras colágenas para la retención micromecánica de resinas adhesivas. Sin embargo solo una pequeña porción de estas proteasas son extraídas por los ácidos y la mayoría permanecen unidas a la matriz de sus formas activas, donde estas pueden hidrolizar lentamente la matriz de colágeno. (A. Tezvergil-Mutluay, 2012).

El acondicionamiento ácido de la dentina con ácido al 37% ha reportado ser responsable de la activación de MMP. (A. Tezvergil-Mutluay, 2012), las mismas que son las responsables de degradar la capa híbrida, conjuntamente con la pérdida de fuerza de adhesión que afecta la longevidad de la restauración. (N. Lehmann, 2009).

6.4.2 EDTA



8 Figura 8 Ultradent EDTA 18% <http://www.ultradent.com>

El EDTA fue introducido en el área de la odontología en por Nygaard- Ostby en el año de 1957 cuando utilizó una solución quelante constituida por la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético para la instrumen-

tación de conductos estrechos y calcificados. (M.Hulsmann, 2002). (Dr Ismael Yévenes L, 2002). Posteriormente en 1963 se verificó que el EDTA en uso masivo, continuo e interrumpido producía una disminución de la microdureza de la dentina y que este efecto continuaba por 5 días después de su aplicación. (Dr Ismael Yévenes L, 2002).

Tras investigaciones se pudo determinar la propiedad química autolimitante del EDTA; es decir cuando existe un exceso de la solución quelante sobre la dentina. Aproximadamente un 73% de los componentes inorgánicos son quelados y la velocidad de reacción es mayor en la primera hora de aplicación, alcanzando el equilibrio a las 7 horas. (Dr Ismael Yévenes L, 2002).

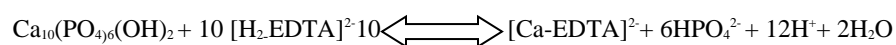
EDTA ($C_{10} H_{16} N_2 O_8$), es un polvo blanco insoluble, inoloro y cristalino. (Bogra P, 2003). Es un agente quelante que a un pH neutro es capaz de remover el barrillo dentinario y producir una ligera desmineralización de la dentina. (F. Shafiei, 2008).

El EDTA, es una solución líquida de un ácido etilenodiaminatetraacético que contiene cationes quelantes divalentes como son Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , y Pb^{++} . (Bogra P, 2003). En un principio fue utilizado para suavizar la dentina de los canales radiculares y para disolver el barrillo dentinario, y al mismo tiempo aumentar la permeabilidad de la dentina. (Torres, 2011, pág. 28).

La efectividad para desmineralizar tejidos duros fue publicada en 1951. En el año 1957, fue recomendado su uso al 15% con un pH de 7.3, cuya composición consistía. (M Hulsmann, 2003):

- 17 gr de sal disodio de EDTA.
- 100.00 ml de agua destilada.
- 9.5 ml de 5M hidróxido de sodio.

Para realizar la desmineralización de la dentina, el EDTA produce la liberación de iones hidrógeno desde la superficie del diente; esto se explica con la reacción entre el EDTA y la hidroxiapatita de la dentina, donde se produce la liberación de hidrogeniones según la siguiente reacción. (Dr Ismael Yévenes L, 2002):



El pH del EDTA afecta a la disponibilidad del calcio, ya que; cuando hay un alto pH la solución de EDTA induce una mayor actividad quelante debido a la mayor proporción de moléculas ionizadas a no ionizadas, al mismo tiempo los valores de pH altos, producen que el exceso de grupos hidroxilo ralentice la separación de hidroxiapatita, limitando de esta manera la cantidad disponible de calcio.

Por otro lado a valores de pH bajos o neutros, el efecto vinculante de calcio aumentará la velocidad de separación de hidroxiapatita y su disponibilidad para la quelación. (Sadullah Kaya, 2011).

La solución de EDTA contiene grupos de ácido carboxílico, los mismos que le dan la capacidad de eliminar selectivamente la hidroxiapatita, como ya se describió anteriormente. Dado que la mayoría de los minerales intrafibrilares permanecen, la estructura de soporte de los minerales es preservado y la infiltración de la resina en los túbulos se facilita; al contrario del ácido fosfórico el cual induce la disolución de los minerales tanto extra como intrafibrilares, dando como resultado el colapso de la matriz de colágeno y futuro fracaso de la restauración. (F. Shafiei, 2008).

Mediante estudios realizados se ha podido comprobar la actividad antibacteriana de los compuestos de EDTA; demostrado mediante estudios in vitro, que el compuesto inhibe el sustrato de adherencia, capacidad de los macrófagos de introducirse en los tejidos periapicales, reduciendo de esta manera reacciones inflamatorias y promoviendo la curación periapical. (M.Hulsmann, 2002).

6.5 Adhesión

En odontología restauradora, es evidente que uno de los mayores problemas que se enfrenta al reconstruir las partículas perdidas por las estructuras dentarias duras, sean estas dentina, esmalte o cemento; es fijarlas a ellas. (Henostroza, 2010).

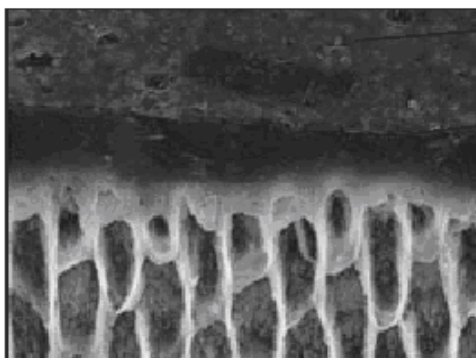
Cualquiera sea el método de fijación del material restaurador elegido, involucrará la adhesión de este al diente, debido a que debe cumplir principalmente dos objetivos: mantener la restauración en su lugar y lograr un sellado marginal lo más hermético posible, para de esta forma evitar la penetración de fluidos bucales y bacterias. (Henostroza, 2010).

Cuando dos sustancias se ponen en contacto, las moléculas de una se adhieren o son atraídas por las moléculas de la otra sustancia. Esta fuerza es denominada adhesión, es decir cuando se atraen diferentes moléculas. Por otro lado cohesión es cuando moléculas del mismo tipo son atraídas. (Kenneth, 2004, pág. 34).

La formación de una adhesión entre dos materiales diferentes depende de dos principales variables. La primera variable se le considera al sustrato, y la segunda es la composición del material que interactúa con el sustrato en la interfase. La interacción y las propiedades del material son las mayores determinantes para que la restauración tenga éxito a largo plazo. (Hegde, 2011).

La adhesión fuerte entre el biomaterial y el sustrato dental es esencial, no solamente desde el punto de vista de una retención mecánica, sino también desde la perspectiva biológica y estética. Una buena adaptación marginal de los materiales restauradores, reduce la microfiltración, cambio de color de la restauración, irritación pulpar y caries recurrentes. (N. Nakabayashi, 1992).

El fenómeno de la adhesión es aplicable en muchas situaciones en odontología. Como es el caso de las fugas adyacentes de los materiales dentales de restauración, siendo este el resultado de una incorrecta o insuficiente adhesión. (Kenneth, 2004, pág. 34).



9Figura 9 Microfotografía electrónica de barrido de la unión al esmalte del Adhesivo Adper™ Single Bond 2. 3M ESPE 2012

La fuerza de adhesión al esmalte es buena debido a su alto contenido inorgánico; sin embargo debido a que el tejido dentinario es más orgánico en comparación al esmalte y al mismo tiempo presenta mayor humedad debido a la presencia de agua, la adhesión se dificulta. (Hegde, 2011).

6.5.1 Sistemas Adhesivos

La evolución de los sistemas adhesivos durante los últimos años, cambió de manera significativa la práctica clínica de la odontología restauradora. Los métodos tradicionales de restauración que consistían en preparaciones cavitarias retentivas, son en la actualidad, sustituidos por procedimientos restauradores adhesivos menos invasivos. (Nocchi, 2008).

Las restauraciones adhesivas se basan principalmente en el concepto de adhesión micromecánica. En la dentina, monómeros polimerizados interactúan con el colágeno expuesto debido a la desmineralización superficial que ha sufrido la dentina, formando así la conocida capa híbrida responsable de mejorar la adhesión entre la dentina y el material adhesivo. (Patricia Sacramento A., 2012).

El más grande desafío de la odontología restauradora, es la adhesión a la dentina, que es un sustrato más complejo que el esmalte dental, debido a su composición orgánica e inorgánica, su humedad y su relación íntima con la pulpa dental. (Nocchi, 2008).

Durante muchos años se dieron intentos fallidos para lograr la adhesión a la dentina; no fue sino hasta que Fusayama sugirió que, aparte de grabar la dentina con el ácido fosfórico se debería tratar a la misma con monómeros hidrófilos, cuando se empezó a pensar en una verdadera adhesión entre dentina-resina. (Nocchi, 2008).

El grabado ácido de la dentina tuvo una gran controversia, debido a que muchos autores coincidían que la aplicación del ácido fosfórico provocaba irritación pulpar; sin embargo, posteriormente se pudo comprobar que solo una pequeña cantidad del ácido se introduce en la dentina y que las causas de la inflamación pulpar se debían principalmente de una falla del sellado marginal y el paso de bacterias. (Nocchi, 2008).

El primer intento por lograr la adhesión a los tejidos dentales corresponde al químico suizo Oscar Hagger, el cual en 1949 patentó en su país un producto basado de dimetacrilato del ácido glicero-fosfórico. (Henostroza, 2010).

En 1955 fue Buonocore, el cual propuso el tratamiento del esmalte con ácido fosfórico (al 85%), para promover la adhesividad adamantina. Sin embargo este grabado ácido solo adquirió vigencia cuando aparecieron los nuevos materiales poliméricos, los cuales se hicieron conocidos como resinas compuestas dentales. La idea precursora es adjudicada a Knock y Glenn, los cuales en 1951 con fines odontológicos propusieron incorporar partículas cerámicas de relleno a las resinas. (Henostroza, 2010, pág. 22).

En 1966 Newman y Sharpe modificaron la consistencia del Bis-GMA (fórmula de Bowen), mediante la eliminación de su relleno cerámico, con el fin de producir una resina de muy baja viscosidad, la cual fue la primera en lograr adherirse al esmalte dental. De esta manera nació el adhesivo dental originario de la mayoría de los sistemas adhesivos de la actualidad. (Henostroza, 2010, pág. 23).

A partir de 1971, las primeras presentaciones comerciales de productos poliméricos restauradores asociaron un agente adhesivo que en su evolución pasó a ser un sistema adhesivo. (Henostroza, 2010, pág. 23).

Existen distintos sistemas adhesivos a dentina que han sido presentados a través de los años, caracterizados por sus diferentes mecanismos, recursos o técnicas. (Carrillo, 2006).

Para poder clasificarlos se los ha dividido en cinco generaciones que son:

Primera Generación

A finales de los años setenta se dio a conocer el primer sistema adhesivo; sin embargo este no fue realmente tal cosa. Debido a que si bien es cierto, su adhesión al esmalte era buena, sin embargo, su adhesión a la dentina era demasiado baja, ya que se observaba el despegamiento de la interfaz dentina-resina en pocos meses. (Barrancos, 2006).

Uno de los primeros intentos realizados para lograr la adhesión a la dentina fue realizado por Michael Buonocore, el mismo que siguiendo los pasos para el acondicionamiento ácido del esmalte, utilizó ácidos más débiles y en menor tiempo de aplicación para el grabado de la dentina. (Carrillo, 2006).

Buonocore, reportó con esta técnica que la fuerza de adhesión de la dentina, que fue grabada con el ácido, duplicaba la fuerza de adhesión registrada por la dentina sin acondicionamiento previo; sin embargo esta resistencia adhesiva

disminuía considerablemente en cuanto entraba en contacto con agua. (Carrillo, 2006).

Algunos otros intentos con menor grado de éxito fueron considerados como posibles formas de obtener adhesión a la dentina, entre ellos, la utilización de poliuretanos, debido a que este material tiene la habilidad de unir materiales de diferente composición y la característica que presentan los radicales isocianatos que al reaccionar con agua tienen acción secante. (Carrillo, 2006).

Con el desarrollo de materiales con base de unión a resinas compuestas utilizando glicidil metacrilato, se pensó buscar la unión a dentina en el extremo opuesto de la cadena del metacrilato utilizando NPG. El principal inconveniente con estos materiales era su inestabilidad y su sensibilidad a la presencia de humedad conjuntamente con una gran contracción a la polimerización. El agente adhesivo por lo general polimerizaba antes de realizar la unión con el material restaurador. (Carrillo, 2006).

Estos sistemas adhesivos eran indicados primeramente para cavidades pequeñas, con retención, de clases III y V. La sensibilidad posoperatoria era común cuando estos agentes eran usados para restauraciones oclusales posteriores. (Barrancos, 2006).

Segunda generación

A principio de los ochenta se desarrolló la segunda generación de los sistemas adhesivos. Estos productos tenían como base fundamental la utilización de

la capa residual o barrillo dentario como sustrato para la adhesión. (Barrancos, 2006).

Los sistemas adhesivos de segunda generación, demostraron un incremento en su resistencia a la unión tanto el esmalte como a la dentina. (Carrillo, 2006). Sin embargo esta fuerza de adhesión no era suficiente debido a que aún era necesaria la retención en las preparaciones de las cavidades. (Barrancos, 2006).

La búsqueda de adhesión de la mayoría de los sistemas adhesivos de esta generación, se basaba en la reacción fosfato/calcio, es decir unión iónica, mediante la utilización de una resina dimetacrilato en el adhesivo, en lugar de las resinas BIS-GMA utilizadas en los sistemas previos. (Carrillo, 2006).

Las restauraciones con márgenes en dentina realizadas con este sistema adhesivo, presentaban exagerada microfiltración y las restauraciones en posteriores adolecían de considerable sensibilidad posoperatoria. Por otro lado su estabilidad a largo plazo era problemática debido a que la tasa de retención a un año de las restauraciones no pasaba del 70%. (Barrancos, 2006).

Tercera generación

A fines de la década de 1980 aparecieron los sistemas de tercera generación, los cuales se encontraban compuestos de iniciador y adhesivo. (Barrancos, 2006).

Los sistemas adhesivos de esta generación se enfocaron en la utilización de imprimadores (primers) para la preparación de la superficie de la dentina y así obtener una mejor humectación del adhesivo, fue uno de los avances más impor-

tantes registrados en esta generación. (Carrillo, 2006). Además con este sistema, se evidenció un incremento significativo en la fuerza de unión y se disminuyó la necesidad de realizar cavidades retentivas. (Barrancos, 2006).

Los imprimadores son ácidos débiles o una mezcla de ácidos a baja concentración combinados con componentes a base de resina, que remueven, alteran o modifican la capa de barrillo dentinario que se localiza sobre la superficie de la dentina; al mismo tiempo que los componentes a base de resina son activados por medio de una fuente de luz que interactúan con la dentina después del acondicionamiento ácido. (Carrillo, 2006).

El efecto ácido produce pequeños defectos o microfracturas en la dentina, los mismos que serán infiltrados por la resina, la cual formará numerosas proyecciones por debajo de la superficie de la dentina para proporcionar de esta manera una retención mecánica resistente. (Carrillo, 2006).

Con la ayuda de los sistemas adhesivos de tercera generación las lesiones por erosión, abrasión o afracción pudieron ser tratadas mediante preparaciones mínimas, dando paso así a la odontología ultraconservadora. Así también este sistema, proporcionó una notable disminución en la sensibilidad posoperatoria, y una adherencia no solamente a la estructura dental sino además, a metales y cerámica. (Barrancos, 2006).

La desventaja de estos agentes de unión fue su poco tiempo de duración dentro de boca, ya que con algunos estudios se pudo comprobar que la adhesión de estos materiales empezaba a decrecer después de los tres años. (Barrancos, 2006).

Bowen desarrollo un sistema adhesivo similar en principios, pero con una técnica diferente. El sistema de Bowen es conocido como sistema con oxalato, el mismo requería de mayor número de pasos para acondicionar la dentina y por lo tanto era una técnica más demandante y muy sensible. Sin embargo Bowen demostró, que este método de adhesión a dentina no solo era aplicable clínicamente, sino que también era posible obtener una mayor y mejor adhesión. (Carrillo, 2006).

Algunos otros sistemas adhesivos de tercera generación, incluyen como paso importante en su técnica el uso de imprimadores, pero con un raciocinio diferente en cuanto a promover la adhesión a dentina. Estos imprimadores, compuestos con monómeros hidrofílicos, son utilizados posteriormente del acondicionamiento de la dentina con agentes ácidos débiles, que se encargan de remover la capa de barrillo dentinario y prepara el sustrato dentinario. (Carrillo, 2006).

Cuarta generación

A comienzos de los años noventa, los sistemas adhesivos de cuarta generación transformaron la odontología, debido a que con estos mecanismos de unión se produjo un aumento de la fuerza de unión dentina-resina y disminución de la sensibilidad posoperatoria en restauraciones oclusales. (Barrancos, 2006).

El uso de agentes acondicionantes con ácidos débiles para la preparación de la dentina, con los que se obtiene la remoción de la capa de barrillo dentinario,

es un paso importante que persiste y se solidifica con los sistemas adhesivos de esta generación. (Carrillo, 2006).

La aplicación de imprimadores con monómeros hidrofílicos se utiliza para facilitar la penetración de la dentina descalcificada, lo cual permite embeber una superficie entre 1 a 5 micras dentro de la dentina acondicionada para mantener la red de colágeno abierta. Este paso impide que el colágeno se colapse y permite que la resistencia adhesiva penetre efectivamente en la filigrina de la dentina descalcificada. (Carrillo, 2006).

Esta generación se caracteriza por el proceso de hibridación en la interfaz dentina-resina, que consiste en el reemplazo de la hidroxiapatita y el agua de la superficie dentinaria por resina. La resina combinada con las fibras colágenas remanentes, constituyen la conocida capa híbrida. La hibridación que se da con la utilización de estos sistemas, involucra tanto los túbulos dentinarios como también a la dentina intratubular, mejorando de esta forma la fuerza de unión a la dentina. (Barrancos, 2006).

El desarrollo de la capa híbrida que se obtiene del manejo adecuado de estos sistemas adhesivos en la dentina, es el recurso más importante para obtener valores altos de adhesión, al mismo tiempo que aumenta la habilidad de estos sistemas de adhesión a unirse efectivamente al sustrato dentinario para sellar la superficie de la dentina eliminando de esta manera casi por completo el flujo de fluidos en la interfase, disminuyendo de esta forma la sensibilidad posoperatoria y formando un efectiva barrera fisiológica contra la invasión de microorganismos. (Carrillo, 2006).

Los materiales de estos agentes de unión se distinguen por sus componentes; hay dos o más ingredientes que deben ser mezclados en proporciones muy precisas, es por eso que el procedimiento se volvió confuso y resultó con la disminución de fuerza de unión a dentina. (Barrancos, 2006).

Quinta generación

Los materiales adhesivos de quinta generación se distinguen por su correcta adhesión tanto a esmalte como a dentina, cerámica y a metales, pero su principal característica es que contiene un solo componente en un solo frasco, es decir no hay necesidad de mezclar compuestos, por lo que se reduce la probabilidad de fracaso en la unión. (Barrancos, 2006).

El objetivo principal de estos sistemas adhesivos, fue consolidar la formación de la capa híbrida y la búsqueda de la adhesión química, pero con el ideal de simplificar la técnica. (Carrillo, 2006).

La mayoría de los sistemas adhesivos de la quinta generación, utilizan el grabado ácido o acondicionamiento simultáneo de la dentina y el esmalte (grabado total) y el sistema de una botella que contiene el imprimador y la resina adhesiva juntos. (Carrillo, 2006).

Sexta Generación

Posee un mecanismo de acción relativamente sencillo; incorpora una resina ácida que al ser aplicada sobre la dentina remueve el barrillo dentinario, creando así un pequeño frente de desmineralización. (Colchado, 2011).

Posteriormente de actuar entre 15 y 30 segundos, la resina se desactiva, dando como resultado un tejido desmineralizado superficial e infiltrado simultáneamente por el adhesivo, el cual puede ser polimerizado enseguida. (Colchado, 2011). (Stalin A., 2005).

Los sistemas adhesivos de autograbado como el de sexta generación producen la posibilidad de incorporar a la capa híbrida al barrillo dentinario. Proporcionando de esta forma una capa híbrida diferente, en la cual existe una zona superior de barrillo dentinario híbrido y una zona inferior de dentina desmineralizada donde penetra el primer. (Colchado, 2011).

Séptima Generación

Es un nuevo sistema simplificado de adhesión recientemente introducido en el mercado. (Colchado, 2011).

Al igual que los sistemas adhesivos de sexta generación dieron un salto de los sistemas previos multi-componentes hacia el de un solo frasco. La séptima generación simplifica la utilización de dos componentes de la sexta generación reduciéndolos a un sistema de un solo frasco. (Colchado, 2011).

Los adhesivos de esta generación ofrecen la posibilidad de realizar el autograbado y el autoiniciado en un solo paso, dando paso a una baja reacción en va-

riaciones de la técnica y poca o ninguna sensibilidad postoperatoria. (Colchado, 2011).

En la actualidad podemos encontrar tres tipos de sistemas adhesivos dentales: de tres pasos, dos pasos y un paso; cualquiera sea el sistema a elección cada uno consta del acondicionamiento ácido y adhesión de la dentina con el sustrato. (Surbhi Kakar, 2012).

Los sistemas adhesivos de tres (etch and rinse) y dos pasos (self-etching) han sido considerados como los mejores entre los diferentes tipos de categorías de agentes adhesivos. Por otro lado los sistemas adhesivos de un solo paso (self-etching) forman los más pobres agentes de unión, especialmente los primeros materiales autograbantes. (Renata Bacelar Cantanhede de Sá, 2012).

7 Materiales y métodos

7.1 Diseño del Estudio:

Estudio de tipo experimental descriptivo in vitro. A 40 terceros molares humanos extraídos se les eliminó el esmalte oclusal, para ser sometidos posteriormente al grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos y EDTA al 18% por 15 segundos, 1 minuto y 90 segundos. Finalmente las muestras fueron sometidas a pruebas de fuerza de corte, para evaluar la resistencia adhesiva entre la dentina y resina.

También es de tipo comparativo, debido a que se realizó la comparación entre dos tipos de sustancias desmineralizantes (EDTA y ácido fosfórico) a diferentes tiempos.

7.2 Muestra

40 terceros molares humanos extraídos superiores e inferiores.

7.2.1 Obtención y almacenamiento de la muestra

A 40 terceros molares, extraídos previamente por no más de tres meses y donados para la realización de este estudio, se los conservó en suero fisiológico a 5 grados centígrados hasta su utilización en el experimento.

Para iniciar la preparación de las muestras, los 40 terceros molares fueron sacados del suero fisiológico para sumergirlos en hipoclorito de sodio 5,25% por 30 minutos, para posteriormente eliminar restos de tejido y cálculos con el scaler (NSK). Seguido de la limpieza de las piezas dentarias, estas fueron lavadas con agua y sumergidas en un envase plástico con agua oxigenada por 30 minutos. (Ihab M. Ibrahim, 2010).

7.2.2 Preparación bases acrílicas

A 40 terceros molares extraídos se les introdujo en bases acrílicas de 2,54cm de alto por 2,54cm de ancho, con la ayuda de un molde metálico con las medidas previamente descritas.

Las muestras fueron sumergidas en el acrílico hasta el nivel previamente marcado a 2mm por debajo de la unión esmalte-cemento.

7.3 Materiales

- Cuarenta terceros molares superiores e inferiores libres de caries
- Suero Fisiológico
- Agua destilada
- Scaler (NSK)
- Micromotor (NSK)
- Turbina (NSK)

- 3M ESPE Scotchbond Etchant (Ácido fosfórico) 37% LOT N343713
- Ultra-Etch Indi Spense Refill (EDTA 18%) LOT B7GHV
- Resina Filtek Z350XT 3M ESPE LOT N353927
- Adhesivo 3M ESPE Adper Single Bond 2 LOT N353082
- Máquina para prueba de materiales. (estudio de fuerza de corte) Tinius Olsen
- Hipoclorito de sodio 5,25% (AJAX)
- Fresas de pulido grano grueso FAVA
- Acrílico Transparente
- Cajas plástica (Plasti Hogar)
- Papel de lija #600 Fandeli

7.3.1 Criterios de Inclusión

Terceros molares humanos superiores e inferiores, libres de caries, que no posean fracturas o tratamiento de conducto previo y cuya corona se encuentre completamente intacta.

Muestras con una altura total de 19mm y de 22mm de ancho, que no muestren signos de fractura entre resina y dentina; y cuya unión entre diente y base acrílica se encuentre íntegra y sin fracturas.

7.3.2 Criterios de exclusión

Piezas dentales humanas que no sean terceros molares, que posean caries, fracturas, corona con alguna imperfección, o posean tratamiento endodóntico previo.

Muestras con una altura inferior a 19mm y 22mm de ancho, que muestren fracturas entre resina y dentina; y cuya unión entre diente y base acrílica muestre fracturas o separaciones.

7.4 Metodología

7.4.1 Preparación de la muestra

Posteriormente del fraguado del acrílico de cada muestra se prosiguió a preparar las superficies oclusales de los dientes, con la ayuda de la turbina (NSK) y una fresa de fisura de diamante grano grueso, acompañada de abundante irrigación de agua, se prosiguió a eliminar la superficie de esmalte coronal hasta obtener una superficie de dentina uniforme.

La superficie coronal de las muestras fue pulida manualmente con una lija #600 marca Fandeli y con irrigación por 60 segundos cada una, hasta obtener una superficie lisa y uniforme. Cada superficie fue desinfectada con una bolita de algodón embebida en clorhexidina 2% por 5 segundos.

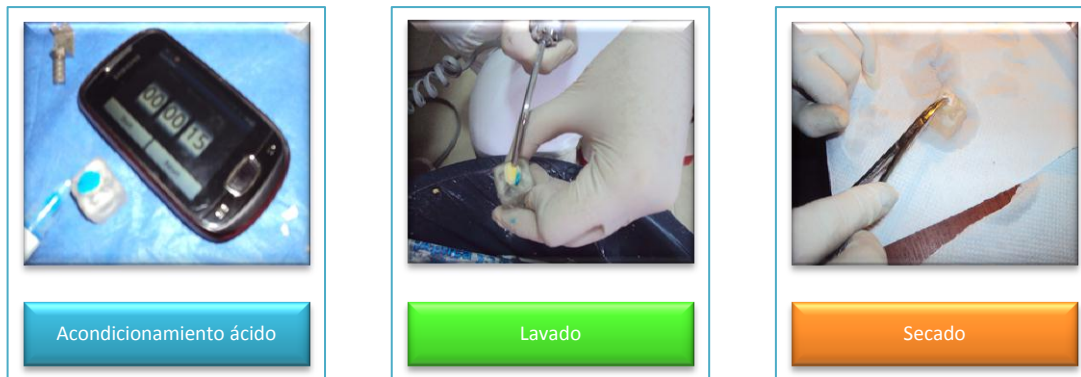
Las muestras fueron repartidas indistintamente en 4 grupos, cada uno con 10 muestras, almacenadas en agua destilada para evitar su desecamiento.

Grupo A



10Figura 10 Muestras Grupo A

Se secó cada una de las superficies oclusales previamente preparadas con papel absorbente durante 7 segundos, cuidando de no desecar la superficie. A continuación a cada muestra se acondicionó con ácido fosfórico 37% por 15 segundos, para después lavar la superficie con la jeringa triple por 30 segundos. Luego se secó con papel absorbente por 7 segundos.



11 Figura 11 Acondicionamiento con ácido fosfórico

Se colocó el sistema adhesivo Adper Single Bond 3M, con la ayuda de un aplicador durante 15 segundos, se aplicó aire por 3 segundos y se polimerizó por 20 segundos con una lámpara de luz halógena. Este procedimiento se lo repitió dos veces.



12Figura 12 Aplicación del adhesivo grupo A

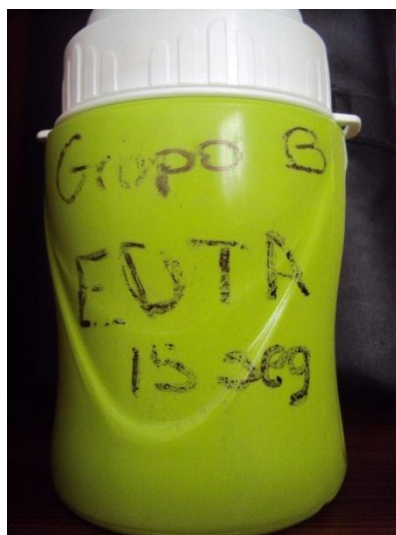
Posteriormente se aplicó resina 3M ESPE colocada en incrementos de 2mm y polimerizando por 20 segundos cada uno, hasta llegar a los 2mm de altura

y 3,8mm de ancho, esto se realizó con la ayuda de un molde plástico diseñado con las medidas señaladas para lograr la estandarización de las muestras.



13Figura 13 Aplicación resina grupo A

Grupo B



14Figura 14 Grupo Muestras B

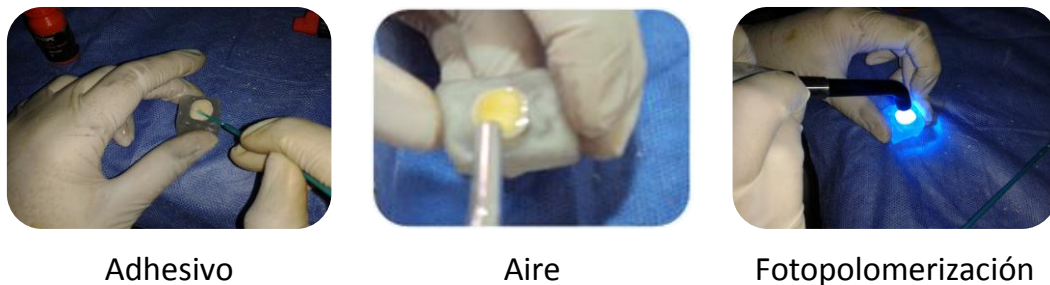
Se secó cada una de las superficies oclusales previamente preparadas con papel absorbente durante 7 segundos, cuidando de no desecar la superficie. A continuación a cada muestra se acondicionó con EDTA al 18% (Ultradent) por 15

segundos, para después lavar la superficie con la jeringa triple por 30 segundos. Luego se secó con papel absorbente por 7 segundos.



15Figura 15 Acondicionamiento con EDTA grupo B

Se colocó el sistema adhesivo Adper Single Bond 3M, con la ayuda de un aplicador durante 15 segundos, se aplicó aire por 3 segundos y se polimerizó por 20 segundos con una lámpara de luz halógena. Este procedimiento se lo repitió dos veces.



16Figura 16 Aplicación Adhesivo grupo B

Posteriormente se aplicó resina 3M ESPE colocada en incrementos de 2mm y polimerizando por 20 segundos cada uno, hasta llegar a los 2mm de altura

y 3,8mm de ancho, esto se realizó con la ayuda de un molde plástico diseñado con las medidas señaladas para lograr la estandarización de las muestras.



17Figura 17Aplicación resina grupo B

Grupo C



18Figura 18 Grupo Muestras C

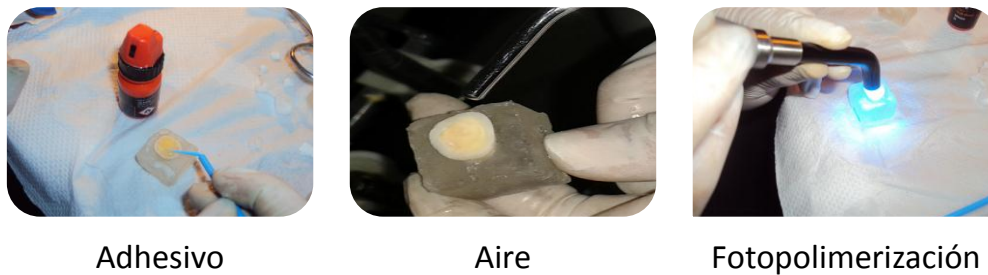
Se secó cada una de las superficies oclusales previamente preparadas con papel absorbente durante 7 segundos, cuidando de no desecar la superficie. A continuación a cada muestra se acondicionó con EDTA al 18% (Ultradent) por 60

segundos, para después lavar la superficie con la jeringa triple por 2 minutos. Luego se secó con papel absorbente por 7 segundos.



19Figura 19 Acondicionamiento EDTA grupo C

Se colocó el sistema adhesivo Adper Single Bond 3M, con la ayuda de un aplicador durante 15 segundos, se aplicó aire por 3 segundos y se polimerizó por 20 segundos con una lámpara de luz halógena. Este procedimiento se lo repitió dos veces.



20Figura 20 Aplicación Adhesivo grupo C

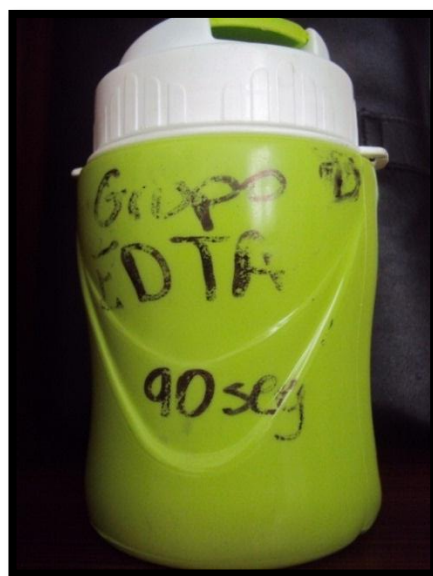
Posteriormente se aplicó resina 3M ESPE colocada en incrementos de 2mm y polimerizando por 20 segundos cada uno, hasta llegar a los 2mm de altura

y 3,8mm de ancho, esto se realizó con la ayuda de un molde plástico diseñado con las medidas señaladas para lograr la estandarización de las muestras.



21 Figura 21 Aplicación resina grupo C

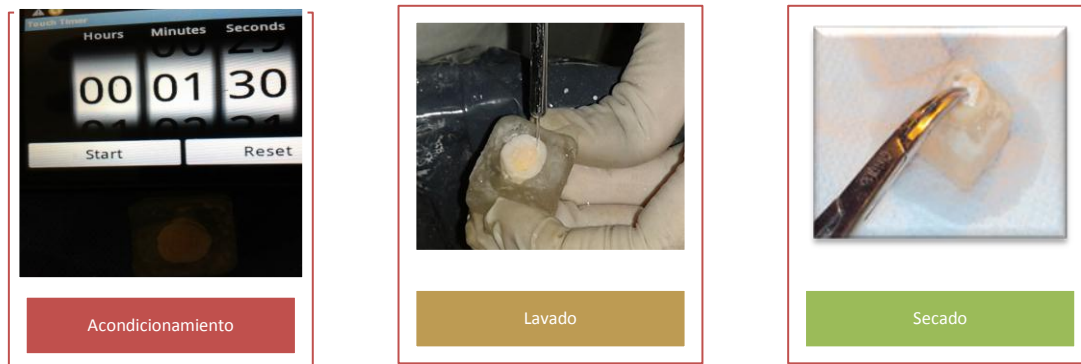
Grupo D



22 Figura 22 Grupo Muestras D

Se secó cada una de las superficies oclusales previamente preparadas con papel absorbente durante 7 segundos, cuidando de no desecar la superficie. A

continuación a cada muestra se acondicionó con EDTA al 18% (Ultradent) por 90 segundos, para después lavar la superficie con la jeringa triple por 3 minutos. Luego se secó con papel absorbente por 7 segundos.



23Figura 23 Acondicionamiento con EDTA grupo D

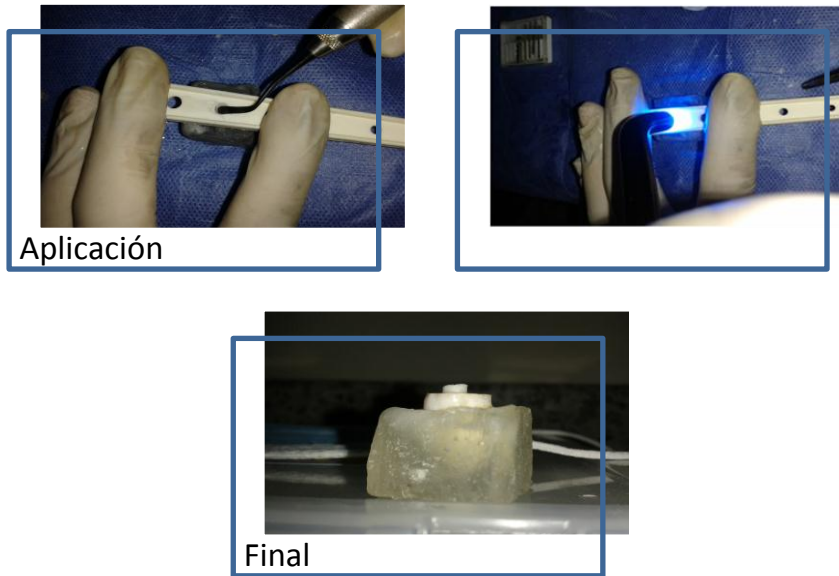
Se colocó el sistema adhesivo Adper Single Bond 3M, con la ayuda de un aplicador durante 15 segundos, se aplicó aire por 3 segundos y se polimerizó por 20 segundos con una lámpara de luz halógena. Este procedimiento se lo repitió dos veces.



24Figura 24 Aplicación Adhesivo grupo D

Posteriormente se aplicó resina 3M ESPE colocada en incrementos de 2mm y polimerizando por 20 segundos cada uno, hasta llegar a los 2mm de altura

y 3,8mm de ancho, esto se realizó con la ayuda de un molde plástico diseñado con las medidas señaladas para lograr la estandarización de las muestras.



25 Figura 25 Aplicación resina grupo D

Cada una de las muestras fue identificada con marcador permanente en la base acrílica con la letra que identifica a cada grupo y numeradas del 1 al 10; posteriormente cada uno de los grupos de muestras fue almacenado en envases plásticos estériles que no permitan pasar la luz, identificados con el nombre de cada grupo.

7.4.2 Prueba de Resistencia de Corte

Las 40 muestras preparadas fueron sometidas a un estudio de resistencia de corte con la ayuda de la máquina universal de pruebas Tinius Olsen de la Universidad Politécnica Nacional, a una velocidad de 0,5 mm/min.



26Figura 26 Máquina Universal de Pruebas

Para realizar el estudio fue utilizada una barra de corte biselado de 1mm de ancho; esta fue ubicada en el cabezal superior de la máquina universal de prue-

bas, el cual al descender con una velocidad de 0,5mm/min, entró en contacto con la unión resina-dentina de la muestra ubicada en el cabezal inferior. Al descender la barra ejerció una fuerza (N) la cual a su vez era contrarrestada con la resistencia (Mpa) otorgada por la adhesión resina-dentina; esta fuerza alcanzaba su valor máximo cuando la adhesión cedía, es decir se producía la separación de la resina y la dentina.



27Figura 27 Prueba resistencia al corte



28 Figura 28 Barra de corte.

Cada dato de la prueba de fuerza de corte de las 40 muestras, fue dado por la máquina universal de pruebas en newtons, estos datos se registraron directamente en la computadora, debido a que la máquina universal de pruebas se encontraba conectada directamente con esta para una mayor precisión.

Los datos de fuerza de corte fueron convertidos en megapascales, es decir la resistencia de corte, en Excel mediante la fórmula de resistencia, que es la siguiente:

$$R = F/A$$

En donde R es resistencia, F es la fuerza en newtons obtenida mediante la máquina universal de pruebas y A es el área de unión.

Debido a la estandarización del área de unión mediante la utilización de un molde plástico para evitar mayor rango de error; se pudo utilizar un solo valor de área para las 40 muestras, la misma que fue sacada de la siguiente manera:

$$A = \pi r^2$$

7.4.3 Procesamiento de datos

Para el análisis de los datos obtenidos en el estudio se utilizó el modelo estadístico ANOVA y Comparación Múltiple de Tukey con la ayuda del programa SPSS; fueron escogidos estos dos modelos debido a que con ellos podemos hacer la comparación de medias, lo que es necesario para el análisis de los datos del estudio.

8 Resultados

Procesamiento de Datos

En primera instancia se realizó el procesamiento de los datos (tabla 3), en donde se demuestra el número de muestras que fueron tomadas para el estudio y de éstas cuantas han sido incluidas o excluidas para el análisis estadístico.

En este caso particular todas las muestras fueron tomadas en cuenta, debido a que se encontraban dentro de un mismo rango, es decir ninguno de los valores fue muy bajo o alto con respecto al grupo, es decir la muestra era uniforme.

Tabla 3 *Procesamiento de los casos*

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia al corte * Muestra	40	1,0	0	,0	40	1,0

Informe

Tabla 4 *Resistencia Adhesiva*

Muestra	Resistencia Media	N	Resistencia Mínima	Resistencia Máxima
(A) Ácido Fosfórico 37% 15 seg	22,44MPa	10	17,80 MPa	26,07 MPa
(B) EDTA 18% 15seg	15,28 MPa	10	12,58 MPa	18,90 MPa
(C) EDTA 18% 60seg	22,19MPa	10	17,75 MPa	25,17 MPa
(D) EDTA 18% 90 seg	26,37MPa	10	21,57 MPa	30,12 MPa
Total	21,57MPa	40	12,58 MPa	30,12 MPa

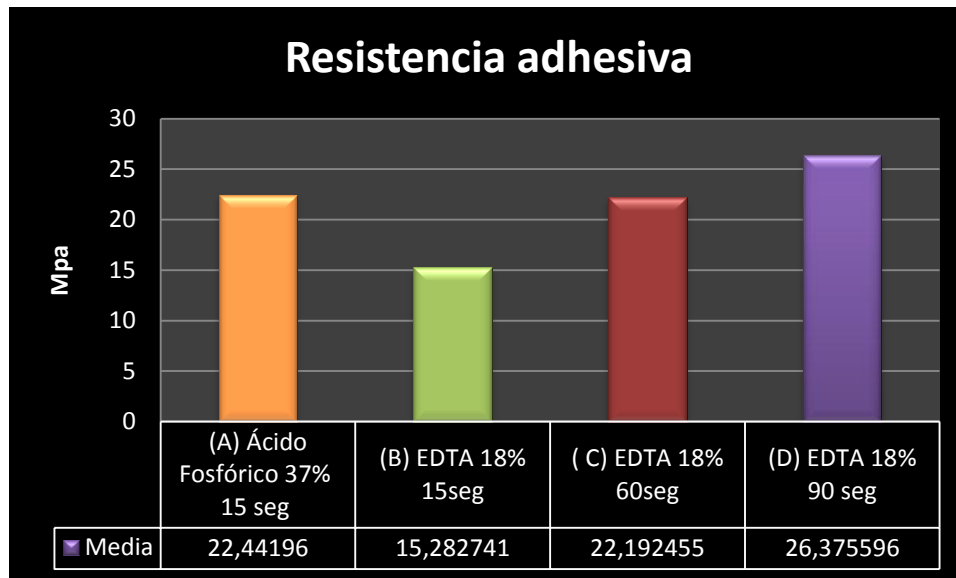
En la (tabla 4) podemos apreciar una comparación de las muestras de los compuestos utilizados en sus determinados tiempos, como también el número de muestras con las que cada grupo contaba, en este caso eran de 10 cada grupo, sumando un total de 40 muestras.

En la (tabla 4) se observan los promedios de los datos obtenidos en los respectivos grupos denominado "media".

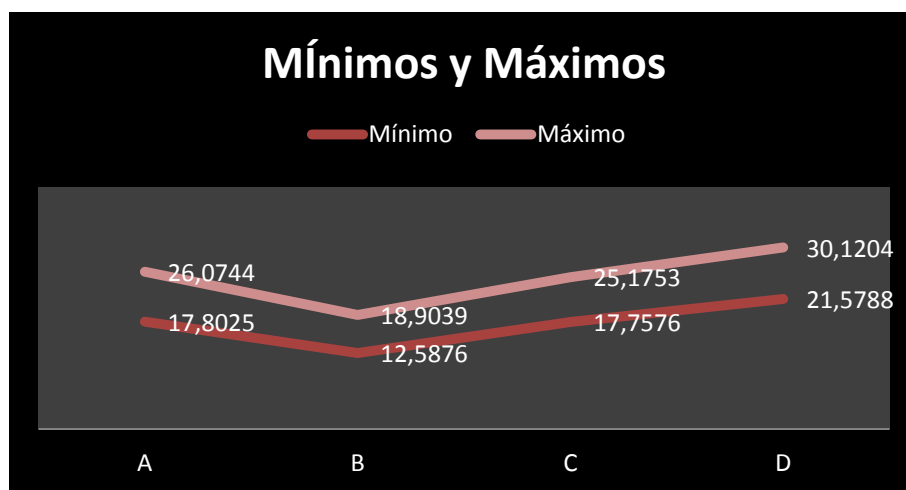
El promedio de resistencias obtenidas por el ácido fosfórico al 37% y EDTA al 18% (60segundos) son relativamente similares, siendo 22,44Mpa para el ácido fosfórico y 22,19Mpa para el EDTA en 60 segundos, es decir que su resistencia a la adhesión es similar en ambos casos.

Por otro lado al comparar las medias del ácido fosfórico al 37% con EDTA al 18% (15segundos), observamos que el ácido de obtuvo una resistencia promedio de 22,44 Mpa, mientras que para el EDTA 15 segundos fue de 15,28Mpa, en otras palabras podemos ver que en términos de resistencia adhesiva que el ácido fosfórico tiene superior resistencia a la adhesión que EDTA cuando este es aplicado por 15 segundos.

Por último se puede evidenciar que al comparar la media del ácido fosfórico al 37% con el EDTA al 18% (90segundos), este último muestra una resistencia adhesiva superior, ya que para el ácido fosfórico tenemos una media 22,44 Mpa, mientras que para el EDTA en 90 segundos es de 26,37 Mpa.

Gráfico 1 Comparación de Resistencia Adhesiva

Para entender lo dicho anteriormente de una mejor manera se ha realizado el (gráfico 1) en donde podemos observar de manera gráfica la comparación de medias en Mpa de su resistencia adhesiva de cada uno de los grupos.

Gráfico 2 Máximos y Mínimos

En la (tabla 4) se observan los valores máximos y mínimos de cada grupo de muestras, los mismos que han sido graficados en el (gráfico 2), en donde se rectifica lo dicho anteriormente de la similitud de los valores entre el grupo A y C y la evidente inferioridad del grupo B con respecto a su resistencia de corte, así mismo la superioridad de resistencia del grupo D.

ANOVA

Tabla 5 ANOVA

Resistencia al corte

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	637,711	3	212,570	37,186	,000
Intra-grupos	205,788	36	5,716		
Total	843,499	39			

Posteriormente a la clasificación de los datos y a la obtención de los valores previamente descritos, se procedió a realizar el modelo estadístico ANOVA, del cual podemos resaltar el valor de la significancia entre los grupos.

El valor de la significancia dado por el modelo ANOVA en este caso fue de 0,00, este valor significa estadísticamente que las medias son diferentes entre sí.

Los resultados fueron estadísticamente significativos de acuerdo a la muestra con la cual se obtuvieron los datos.

Comparación Múltiple de Tukey

Tabla 6 Comparaciones múltiples de Tukey

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
(A) Ácido Fosfórico 37% 15 seg	(B) EDTA 18% 15seg	7,15	,000	4,27	10,03
	(C) EDTA 18% 60seg	,24	,995	-2,63	3,12
	(D) EDTA 18% 90 seg	-3,93	,004	-6,81	-1,05

En la (tabla 6) se realizó un estudio de comparaciones múltiples de Tukey, el cual consiste en comparar las medias de cada grupo, y determinar la significancia o valor de p con respecto al grupo control.

Lo más importante a ser valorado de la tabla 6 es la significancia, en donde podemos ver que mientras el valor se acerca más al cero los valores tienen mayor diferencia entre sí, por tanto mayor significancia; por el contrario si el valor de significancia tiende a 1 más similitud entre valores existe.

Mediante el estudio de comparaciones múltiples de Tukey, se determinó la significancia de los grupos de EDTA a diferentes tiempos en relación con el ácido fosfórico que es el grupo control.

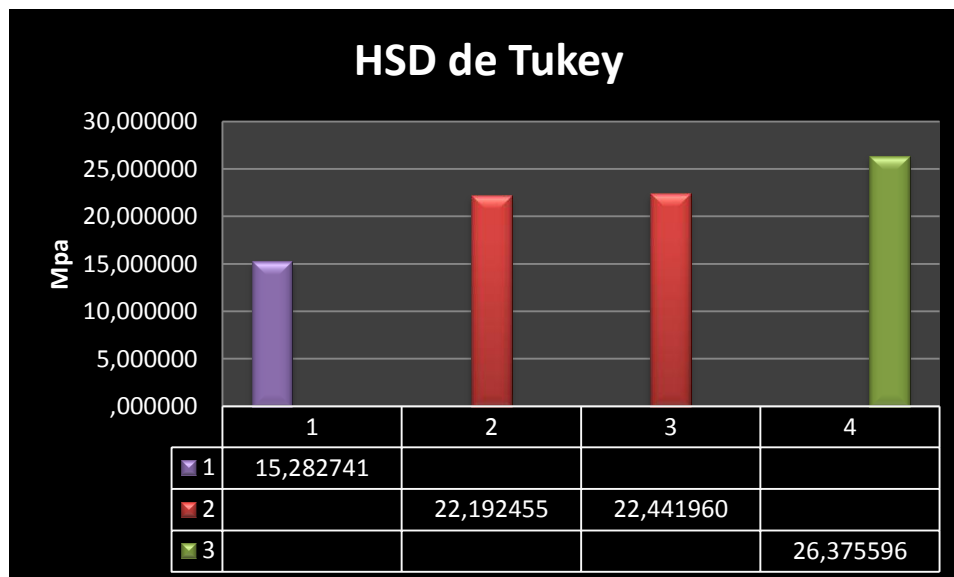
Con un intervalo de confianza del 95 % y un valor de $p \geq 0,05$ a comparar, podemos interpretar lo siguiente:

- EDTA al 18% (15 segundos) B en relación al grupo control (ácido fosfórico al 37%) A tiene un valor de $p = 0.000$ en donde podemos determinar que estos dos grupos son estadísticamente diferentes y cuyo resultado es significativo; es decir el grupo control A obtuvo mayor resistencia por lo cual es mejor que el grupo B.
- EDTA al 18% (60 segundos) C en relación al grupo control A tiene un valor de $p = 0,995$ por lo que podemos determinar que el grupo A y C son estadísticamente similares y cuyos valores no son significativos; en otras palabras los valores del grupo C y A tienen igual eficacia.
- EDTA al 18% (90 segundos) D en relación al grupo control A tiene un valor de $p = 0.004$ con lo cual determinamos que los grupos A y D son estadísticamente diferentes cuyos valores son significativos para el estudio; con lo que podemos concluir que el grupo D es mejor y más eficaz otorgando mayor resistencia adhesiva que el grupo A.

Tabla 7 HSD de Tukey

HSD de Tukey

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
B	10	15,28MPa	22,19MPa	26,37MPa
C	10			
A	10		22,44MPa	
D	10			
Sig.		1,000	,995	1,000

Gráfico 3 Variabilidad de los grupos de muestra

En la (tabla 7) mediante la comparación múltiple de medias de Tukey se clasificó las medias en tres grupos, para de esta manera demostrar con respecto a la resistencia de corte cuales grupos de muestra nos mostraron menor resistencia, similar resistencia y una resistencia superior.

9 Discusión

La unión micromecánica otorgada por los materiales adhesivos de restauración a la superficie dentinaria, es fomentada por una desmineralización química y el acondicionamiento de las superficies de los dientes. El grabado de la estructura dentinaria implica primeramente la eliminación selectiva de componentes de la superficie sólida, lo cual incrementa la superficie del área a trabajar, la superficie libre de energía y la capacidad de humectación de la misma. (Bogra P, 2003).

Entre los factores que influyen en el grabado ácido de la dentina son la composición química de la estructura dentinaria, la técnica utilizada, el tipo, la concentración, el pH, la viscosidad y el tiempo del ácido empleado. (Bogra P, 2003).

El ácido fosfórico al 37% es el compuesto más comúnmente utilizado para realizar el grabado ácido de la dentina, desde que la técnica de acondicionamiento fue introducida por Buonocore en 1955. (Bogra P, 2003); sin embargo a pesar de ser el acondicionador ácido más utilizado resulta no ser el mejor, debido a que éste activa la matriz de las metaloproteinasas, que son derivados celulares de enzimas proteolíticas capaces de degradar fibras colágenas; esta degradación entre la interface de la dentina-resina, es en la actualidad un enlace vulnerable en los sistemas adhesivos modernos. (Raquel Osorio, 2011).

Por otro lado, al realizar el acondicionamiento ácido de la dentina con EDTA, éste quela el calcio sin causar alteraciones en la dentina. (Terence A. Imbery, 2012).

La utilización del EDTA en odontología inició en 1957 cuando Ostby utilizó una solución acuosa de sal del EDTA para la instrumentación de conductos estrechos y calcificados, demostrando de esta manera que este compuesto era capaz de quelar iones de calcio de la dentina con un pH de 7.3. (Dr Ismael Yévenes L, 2002). Sin embargo su utilización como una alternativa para el grabado ácido de la dentina, es un concepto relativamente nuevo, el cual sigue en estudios.

Se lo ha considerado como alternativa para reemplazar al ácido fosfórico debido a que el EDTA inhibe la activación de las MMPs (matriz de metaloproteinasas), por lo tanto promueven una mayor duración de la restauración. (Raquel Osorio, 2011).

Varios autores defienden el reemplazo del ácido fosfórico por parte del EDTA. Cederlund *et al.*, han reportado que el EDTA incrementa la fuerza de adhesión inmediatamente después del tratamiento restaurador, así mismo Terence *et al.*, obtuvieron una mayor fuerza de adhesión al utilizar EDTA como acondicionador ácido en dentina por 90 segundos. Por otro lado Bogra, y Kaswan obtuvieron a tres minutos de acción del EDTA, los mejores resultados de limpieza del barrillo dentinario de los túbulos. Al mismo tiempo Sauro *et al.*, describieron que al grabar la dentina con EDTA se produce menor cantidad de poros en la interface dentina-resina.

En el presente estudio fueron utilizados los siguientes materiales para producir una adhesión dentina-resina similar al que se produce in vivo.

Osorio *et al.*, y Duck-Su *et al.*, utilizaron el ácido fosfórico al 37% de la 3M como su acondicionador ácido para el grupo control. Fue la marca escogida para producir el acondicionamiento ácido del grupo A, debido a que es la más común en ser utilizada debido a su disponibilidad en el mercado y sus cómodos precios.

El adhesivo a ser utilizado en el estudio para realizar la adhesión fue el Adper Single Bond 2 de la 3M, debido a que es el adhesivo comúnmente utilizado en la práctica de la clínica universitaria, como también para tener una estandarización de los materiales y sus indicaciones al escoger una sola marca. Osorio *et al.*, Shafiei y Memarpour y Duck-Su *et al.*, utilizaron el mismo sistema adhesivo en sus respectivos estudios; al contrario de Terence *et al.*, en cuyo estudio el adhesivo a elección fue Optibond Solo Plus de Ultradent. A pesar de esta diferencia entre los estudios en el adhesivo a elección no se obtuvieron diferencias estadísticas significantes.

La elección de la resina en cada uno de los estudios a comparar fue diferente, es decir, en nuestro estudio se escogió la resina Filtek Z350 XT. Por otro lado, Shafiei y Memarpour escogieron como resina para su estudio la resina híbrida Z100 3M ESPE; Terence *et al.*, sin embargo utilizó la resina Z250 en su es-

tudio debido a su dureza. A pesar de esta variedad de resinas elegidas no se marcaron diferencias estadísticas en los resultados de la fuerza de adhesión final.

Para la comprobación de la fuerza de adhesión de cada grupo de muestras fue necesario la utilización de la máquina universal de pruebas para realizar una prueba de fuerza de corte, mismo estudio utilizado por Terence *et al.*, y Osorio *et al.*, en sus respectivos estudios.

Terence *et al.*, comprobó mediante su estudio realizado que la fuerza de adhesión aumentó al utilizar EDTA como grabador ácido por 90 segundos; igualmente que en nuestro estudio, en donde después de realizar el análisis estadístico de los datos se concluyó que cuando se graba la dentina con EDTA por 90 segundos la fuerza de adhesión se incrementa.

Osorio *et al.*, encontró que después de introducir las muestras en NaOCl hubo disminución de la fuerza de adhesión en las muestras de dentina grabadas excepto cuando el compuesto utilizado fue EDTA por 60 segundos; en contraste a lo que se vio con nuestro estudio en donde al grabar la dentina con EDTA por 60 segundos los resultados de fuerza de adhesión fueron muy similares a los otorgados por el grabado ácido con ácido fosfórico, mismo resultado que obtuvo Duck-Su *et al.*, Resultados que pudieron deberse a que Osorio *et al.*, introdujeron las muestras en NaOCl antes de probar la fuerza de adhesión, mientras que en nuestro estudio las muestras no fueron introducidas en NaOCl.

Por otro lado los resultados obtenidos al grabar la dentina con EDTA por 15 segundos fueron estadísticamente inferiores en relación a la fuerza de adhesión con respecto al ácido fosfórico; estos resultados pueden ser corroborados con el estudio de Bogra y Kaswan en donde después de grabar la dentina con EDTA por 15 segundos se sometieron las muestras a un análisis bajo el microscopio electrónico de barrido en donde se observó que los túbulos estaban abiertos y con poca presencia de barrillo dentinario. (Bogra P, 2003).

Sin embargo los orificios de los túbulos no se encontraban lo suficientemente ensanchados; es decir que el EDTA no causo ninguna desmineralización discernible en la profundidad del túbulo. (Bogra P, 2003).

10 Conclusiones

- La mayor fuerza de adhesión obtenida entre dentina- resina, fue al grabar la dentina con EDTA por 90 segundos.
- La fuerza adhesiva obtenida al grabar la dentina con ácido fosfórico y EDTA por 60 segundos es similar entre sí, es decir poseen el mismo grado de eficacia.
- La quelación con EDTA es una buena opción para reemplazar al grabado ácido con ácido fosfórico.
- La menor fuerza de adhesión obtenida fue al aplicar EDTA por 15 segundos.
- En el presente estudio se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de control A (Ácido Fosfórico 37%) y el grupo B (EDTA 18% 15 segundos) y grupo D (EDTA 18% 60 segundos)
- Al comparar entre los grupos A y C (EDTA 18% 90 segundos) se encontró resultados estadísticamente no significativos.

11 Recomendaciones

Posterior a la realización de este estudio y al análisis de los resultados podemos recomendar lo siguiente:

- Es recomendable realizar un estudio semejante a este, a lo que su metodología se refiere, añadiendo el envejecimiento de las muestras y diferentes marcas de adhesivos.
- Sería recomendable combinar el presente estudio con un análisis de las muestras bajo microscopio electrónico de barrido, para así poder ver la eficacia de la quelación de la dentina y limpieza de barrillo dentinario de los túbulos del EDTA y el ácido fosfórico a sus determinados tiempos.
- Se aconseja a la comunidad odontológica siempre conocer bien los materiales a ser utilizados, sus técnicas y cuáles son sus pro y contra, para de esta forma escoger siempre el mejor material para cada caso en particular.

12 Bibliografía

Tooth Colore Restoratives: Principles & Techniques. (2002).

A. Boyde, V. A. (1963). An assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues. *Advances in fluorine research and dental caries prevention*, 185-193.

A. Tezvergil-Mutluay, M. M.-D. (2012). Effect of Phosphoric Acid on the Degradation of Human Dentin Matrix. *Dentist Restaurative* , 87-91.

Abramovich. (1999). *Histología y Embrilogía* . Buenos Aires : Ed. Panamericana.

Barrancos, J. (2006). *Operatoria Dental*. Buenos Aires: Médica Panamericana.

Bogra P, K. S. (2003). Etching with EDTA (an in vitro study). *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 79-83.

Cameron, J. (1983). The use of ultrasonic in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, 289-292.

Canalda, C. (2001). *Endodoncias Técnicas Clínicas y Bases Científicas*. Barcelona : Masson.

Carrillo, D. C. (2005). Capa Híbrida. *Asociación Dental Mexicana*, 181-184.

Carrillo, D. C. (2006). Dentina y Adhesivos Dentinarios. Conceptos Actuales. *Revista ADM*, 45-51.

Chase, S. W. (Feb 1948). THE DEVELOPMENT, HISTOLOGY, AND PHYSIOLOGY OF ENAMEL. *Journal of Dental Research*, 27, p87-95.

Chowdhary N, S. R. (2010). Dentin comparison in primary and permanent molars under transmitted and polarised light microscopy: An in vitro study. *JOURNAL OF INDIAN SOCIETY OF PEDODONTICS AND PREVENTIVE DENTISTRY*, 167-172.

- Colchado, O. J. (2011). Adhesivos Dentales Autograbadores (VI generación). *KIRU*, 39-42.
- Danuchit Banomyong, J. E. (2007). Effect of dentin conditioning on dentin permeability and micro-shear bond strength. *European Journal of Oral Sciences* , 502-509.
- Dr Ismael Yévenes L, D. J. (2002). Desmineralización de Premolares con Soluciones de EDTA a diferentes pH de Incubación . *Revista Dental de Chile*, 17-20.
- Duck-Su KIM, S. H.-W.-K. (2011). Effect of EDTA treatment on the hybrid layer durability in total-etch dentin adhesives . *Dental Materials Journal* , 717-722.
- Espe, 3. (2012). *Adapter Single Bond 2* .
- F. Shafiei, M. M. (2008). Effect of EDTA Conditioning on Microleakage of Four Adhesive Systems in Composite Restorations. *Journal of Dentistry*, 150-155.
- Gomez de Ferrari. María Elsa, A. C. (2009). *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. Mexico: Meica Panameticana.
- Gómez de Ferraris, A. C. (2009). *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucadental*. México: Médica Panamericana.
- Hegde, J. (2011). Sclerotic Dentin: Clinical Implications in Restorative Dentistry. *Journall of Dentistry* , 5-6.
- Henostroza, G. (2010). *Adhesión en odontología restauradora*. Madrid: Ripano.
- Ihab M. Ibrahim, D. W. (2010). Effect of EDTA and Phosphoric Acid Pretreatment on the Bonding Effectiveness of Self-Etch Adhesives to Ground Enamel. *European Journal of Dentistry* , 418-428.

- James K. Avery, D. J. (2007). *Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica*. Madrid: Elsevier.
- Jiovanne Rabelo Neri, V. F. (2011). Efficacy of smear layer removal by cavity cleaning solutions: an atomic force microscopy study. 253-257.
- Kenneth, A. (2004). *Phillips Ciencia de los Materiales Dentales*. Barcelona: Elsevier.
- Kolker, J. (2002). Effect of Desensitizing Agents on Dentin Permeability and Dentin Tubule Occlusion. *J Adhes Dent*, 212-221.
- M Hulsmann, M. H. (2003). Chelating agents in root canal treatment mode of action and indications for their use- a review. *International Endodontic Journal* .
- M.Hulsmann, M. H. (2002). Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes . *International Endodontic Journal* , 668-679.
- Macchi, R. L. (2007). *Materiales Dentales*. Buenos Aires : Médica Panamericana .
- Mahmoudc, S. H. (2012). Effects of Phosphoric Acid Concentration and Etching. *J Adhes Dent*, 215-221.
- Michael H. Ross, W. P. (2007). *Histología: Texto y Atlas Color con Biología Celular y Molecular* . Buenos Aires : Médica Panamericana .
- Mount, G. J. (1999). *Conservación y Restauración de la Estructura Dental*. Madrid: Harcourt Brace.
- N. Lehmann, R. D. (2009). Self-etching Increases Matrix Metalloproteinase Expression in the Dentin-Pulp Complex . *Dental Restorative* , 77-82.

- N. Nakabayashi, A. W. (1992). Dentin adhesion of modified 4-META/MMA-TBB resin: function of HEMA. *Dent Mater*, 259-264.
- Nocchi, C. (2008). *Odontología Restauradora: Salud y Estética* . Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Ortiz, L. C. (2011). Sensibilidad Posoperatoria.
- Patricia Sacramento A., A. R.-R. (2012). Influence of Cavity Disinfectant and Adhesive Systems on the Bonding Procedure in Demineralized Dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 574-583.
- Raquel Osorio, M. Y.-R. (2011). Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation . *European Journal of Oral Sciences* , 79-85.
- Renata Antonini Pimenta, C. V. (2010). Morphology of the dentition on primary molars after the application of phosphoric acid under different conditions. *Pediatric Dentistry*, 323-328.
- Renata Bacelar Cantanhede de Sá, A. O.-R. (2012). Effects of Water Storage on Bond Strength and Dentin Sealing Ability Promoted by Adhesive Systems. *Journal of Adhesive Dentistry* , 543-549.
- Roberson, T. M. (1995). *Operatoria Dental Arte y Ciencia* . Madrid : Mosby .
- Rodrigo Diego Goncalves, F. H. (2012). Analysis of smear layer removal by different irrigants. *Revista Gaúcha Odontologica*, 157-161.
- Sadullah Kaya, S. G. (2011). Comparison of the Impact of Long-Term Applications of MTAD and EDTA Irrigation Agents on Dentin Structure: A Scanning Electron Microscope Study. *Dent Res*, 60-64.
- Stalin A., V. B. (2005). Comparative evaluation of tensible bond strength, fracture mode and microleakage of fifth, and sixth generation adhesive systems in primary dentition. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Destistry*, 83-88.

Surbhi Kakar, M. G. (2012). Dentin Bonding Agents- II Recent Trials. *World Journal of Dentistry*, 115-118.

Terence A. Imbery, M. K. (2012). Evaluating EDTA as a substitute for phosphoric acid-etching of enamel and dentin. *General Dentistry*, e54-e61.

Torres, P. E. (2011). *Efectividad del SmearClear, el EDTA Eufar, y el EDTA químicamente preparado, en la remoción del barrido dentinario, a nivel de tercio apical, con y sin uso de ultrasonido*. Quito.

Ultradent Productors Inc. . (2012). *Ultradent EDTA 18%*. Consulté le Abril 08, 2013, sur <http://www.ultradent.com/es/Productos-Dentales/Endodoncia/Preparacion-y-Medicacion/Ultradent-EDTA-18-solucion-para-la-irrigacion-del-conducto-radicular/Pages/default.aspx>

13 Anexos

Base de Datos

Grupo	Muestra	carga N	área mm ²	Resistencia al corte MPa	Promedio	Desviación Estandar
A	1,00	220,00	11,58	19,00	22,19	2,57
	2,00	254,00	11,58	21,93		
	3,00	281,12	11,58	24,27		
	4,00	252,49	11,58	21,80		
	5,00	294,13	11,58	25,40		
	6,00	265,50	11,58	22,93		
	7,00	286,32	11,58	24,72		
	8,00	206,15	11,58	17,80		
	9,00	279,00	11,58	24,09		
	10,00	231,66	11,58	20,00		
B	1,00	158,78	11,58	13,71	15,28	1,79
	2,00	177,00	11,58	15,28		
	3,00	188,71	11,58	16,29		
	4,00	218,91	11,58	18,90		
	5,00	166,59	11,58	14,38		
	6,00	145,76	11,58	12,59		
	7,00	162,42	11,58	14,02		
	8,00	174,40	11,58	15,06		
	9,00	182,21	11,58	15,73		
	10,00	194,96	11,58	16,83		
C	1,00	250,00	11,58	21,59	22,02	1,23
	2,00	256,91	11,58	22,18		
	3,00	260,00	11,58	22,45		
	4,00	260,29	11,58	22,48		
	5,00	248,84	11,58	21,49		
	6,00	282,68	11,58	24,41		
	7,00	253,27	11,58	21,87		
	8,00	234,00	11,58	20,21		

	9,00	236,70	11,58	20,44		
	10,00	267,58	11,58	23,10		
D	1,00	299,34	11,58	25,85	25,50	1,71
	2,00	260,29	11,58	22,48		
	3,00	310,00	11,58	26,77		
	4,00	297,00	11,58	25,65		
	5,00	258,00	11,58	22,28		
	6,00	312,35	11,58	26,97		
	7,00	309,75	11,58	26,75		
	8,00	302,00	11,58	26,08		
	9,00	306,00	11,58	26,42		
	10,00	299,00	11,58	25,82		