

© Derechos de autor
Dra. Leslie Lorena López Sardi
2009

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo, a mis padres Luis Gerardo y Leslie Esthel quienes siempre estuvieron apoyándome en todo, sin su apoyo incondicional no hubiera podido llegar hasta el sitio donde hoy me encuentro pues siempre me brindaron un hogar lleno de amor y me enseñaron que la constancia y el esfuerzo son el camino para alcanzar nuestros propósitos .

Aunque mi padre ya no está a mi lado, sé que desde el cielo estará muy complacido de ver la culminación de mis metas y se sentirá satisfecho por todo el apoyo que me brindó en vida.

AGRADECIMIENTOS

El llegar al final de un camino, donde el andar estuvo plegado de sorpresas que me permitieron afortunadamente llegar a la meta, al preciado tesoro del saber, la tesis de doctorado, que representa la culminación de un esfuerzo académico y familiar no hubiese sido posible sin la cooperación y ayuda desinteresada de las personas que a continuación mencionaré.

Sin pensar en orden jerárquico, quiero agradecer a Dios nuestro señor por la oportunidad que he tenido de aprender, mejorar y de crecer junto a personas tan especiales para mí.

Quiero hacer mención especial a dos seres extraordinarios que me enseñaron a luchar y mantener consistencia de principio a fin en las decisiones importantes en mi vida, mis padres, siempre estarán en mi ser y en mis acciones, y por supuesto también a mi querido hermano Javier.

Un agradecimiento especial a mi tía Lucrecia y a mi primo Héctor, por su apoyo incondicional, siempre fueron mi fortaleza y mi complemento.

A mis abuelitos, José y Ecilda, por acompañarme en los momentos importantes.

A mi directora de tesis, Dra. Carolina Dueñas quien al inicio de esta travesía me alertó del difícil camino que emprendía, confió en mí, gracias por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y experiencia científica en un ambiente de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la creación de este trabajo.

Al Dr. Gerson Cabezas, Director de Posgrado de Ortodoncia USFQ, quien a mas de abrirme las puertas para lograr una meta más en mi carrera ha demostrado ser una gran persona y maestro.

A todos los profesores, Dr. Diego Carrillo, Dra. Myriam Montalvo, Dr. Carlos Meneses, Dr. Eduardo Acevedo y Dra. Cristina Oliveira por sus aportes académicos, por compartir sus experiencias y a quienes debo la realización del Posgrado.

A la Dra. María Dolores Villacrés por compartir sus conocimientos, por su apoyo brindado y sobre todo por su amistad, por escucharme y aconsejarme siempre y estar en los momentos que más lo necesitaba.

A la doctora Liliana Faieta y Dra. Anita Armas por sus valiosas sugerencias y aportes para el desarrollo de esta tesis.

Un agradecimiento fraternal a mis colegas y compañeros Andrea Molina, Marcel Ulloa, Adriana Castaño, Eleonora Gómez, Anabella Vecchionacce, y Andrea Erazo, en quienes siempre encontré un diálogo y por compartir las angustias y gratificaciones.

En general quiero agradecer a todos los integrantes de la Facultad de Odontología de la USFQ ya que cada uno en su área de trabajo me ha colaborado sin ningún impedimento, me ha brindado su amistad y cariño.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar la resistencia a la tracción de brackets metálicos cementados sobre esmalte, resina, amalgama y porcelana. Se incluyeron 48 muestras divididas en 4 grupos de 12 cada uno. Se les realizó las pruebas de tracción con la máquina de pruebas universales de fuerza y en base a los resultados se evidenció que el grupo 1 (esmalte, grupo control) presentó un esfuerzo promedio de 6,45 Mpa, grupo 2 (resina) 5,54 Mpa, grupo 3 (amalgama) 1,63 Mpa y grupo 4 8,56 Mpa. Según el test de Duncan comparado estadísticamente los grupos 2, 3 y 4 con el grupo control (grupo 1) demostró que entre el grupo 1 y 2 no existió diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.323$), entre el grupo 1 y 3 si existió diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.00$), entre el grupo 1 y 4 también existió significancia estadística ($p < 0.00$). En conclusión la porcelana es el material que obtuvo valores de mayor resistencia de adhesión con el bracket, el material amalgama presentó los valores más bajos de resistencia de adhesión y el material resina recibió niveles similares de resistencia de adhesión al del esmalte.

Palabras clave: Brackets metálicos, esmalte, resina, amalgama, porcelana, tracción, adhesión.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the resistance of traction about cemented metallic brackets over enamel, resin, amalgam and porcelain. Forty eight samples were included and divided in four groups. Each group contained 12 samples each. Traction tests were performed with the universal test strength machine on each of these groups. The results showed the following: Group 1 (enamel, control group) showed an average force of resistance 6.45 Mpa, group 2 (resin) showed an average force of 5.54 Mpa, Group 3 (amalgam) showed an average force of 1.63 Mpa, group 4 showed an average force of 8.56 Mpa. Moreover, Duncan's test who performed a statistical comparison between groups 2, 3, 4 and the control group (Group 1) demonstrated that between groups 1 and 2 there were no statistically significant differences ($p < 0.323$). Between groups 1 and 3 there were significant differences statistically ($p < 0.00$). Between groups 1 and 4 there were also significant differences statistically ($p < 0.00$).

In conclusion, porcelain is the material that obtained the highest resistance values of bracket adhesion. On the contrary, amalgam is the material that obtained the lowest resistance values of bracket adhesion. Finally, resin received resistance values of bracket adhesion similar to enamel.

Keywords: Metallic brackets, enamel, resin, amalgam, porcelain, traction, adhesion.

TABLA DE CONTENIDO

Derechos de Autor.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Tabla de contenido.....	ix
Lista de Figuras	xiii
Lista de Gráficos y Tablas.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	pg. 1
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	pg. 4
2.1. Adhesión.....	pg. 4
2.1.1. Definición.....	pg. 4
2.1.2. Formas y medios de adhesión.....	pg. 5
2.1.2.1. Física.....	pg. 5
2.1.2.2. Química o específica.....	pg. 5
2.1.3. Factores que favorecen la adhesión.....	pg. 5
2.1.3.1. Dependientes de las superficies.....	pg. 5
2.1.3.2. Dependientes del adhesivo.....	pg. 6
2.1.3.3. Dependientes del biomaterial.....	pg. 6
2.1.3.4. Dependientes del profesional y el personal auxiliar.....	pg. 6
2.1.3.5. Dependientes de los fabricantes.....	pg. 6
2.2. Adhesión en Ortodoncia.....	pg. 6
2.2.1. Adhesión directa e indirecta de los brackets.....	pg. 9
2.3. Brackets.....	pg. 10
2.3.1. Brackets metálicos.....	pg. 12
2.4. Tipos de adhesivos.....	pg. 15
2.4.1. Adhesivos a base de resina sin mezcla autopolimerizable....	pg. 17
2.4.2. Adhesivos a base de resinas Bis GMA polimerizable con luz visible.....	pg. 18
2.4.3. Cementos ionómeros vítreos CIV convencionales.....	pg. 19

2.4.4. Cementos de ionómero vítreo modificados con resina o híbridos.....	pg. 19
2.5. Esmalte.....	pg. 21
2.5.1. Adhesión de bracket sobre esmalte.....	pg. 23
2.5.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre esmalte.....	pg. 25
2.5.2.1. Limpieza.....	pg. 26
2.5.2.2. Acondicionamiento del esmalte.....	pg. 27
2.5.2.2.1. Control de la humedad.....	pg. 27
2.5.2.2.2. Pretratamiento del esmalte.....	pg. 28
2.5.2.3. Eliminación del ácido y secado de la superficie de esmalte grabado.....	pg. 34
2.5.2.4. Sellado.....	pg. 34
2.5.2.5. Adhesión.....	pg. 36
2.5.2.5.1. Transferencia.....	pg. 36
2.5.2.5.2. Posicionamiento.....	pg. 37
2.5.2.5.3. Ajuste.....	pg. 38
2.5.2.5.4. Eliminación de excesos.....	pg. 38
2.6. Resina.....	pg. 39
2.6.1. Adhesión de bracket sobre resina.....	pg. 40
2.6.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre resina.....	pg. 40
2.7. Amalgama.....	pg. 41
2.7.1. Adhesión de bracket sobre amalgama	pg. 42
2.7.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre amalgama	pg. 44
2.8. Porcelana.....	pg. 45
2.8.1. Adhesión de bracket sobre porcelana.....	pg. 47
2.8.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre porcelana	pg. 50
3. JUSTIFICACIÓN.....	pg. 51
4. OBJETIVOS.....	pg. 53
4.1. Objetivo general.....	pg. 53
4.2. Objetivos específicos.....	pg. 53
5. HIPÓTESIS.....	pg. 55
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	pg. 56
6.1. Diseño de estudio.....	pg. 56

7.1.2.4.4. Análisis de esfuerzo de porcelana como variable base.....	pg. 101
7.1.2.5. Cuadro comparativo sobre el nivel de significancia de las medias.....	pg. 102
7.1.3. Introducción de las prueba H o test de Kruskal Wallis.....	pg. 104
7.1.3.1. Análisis de datos por método de Kruskal Wallis.....	pg. 104
8. DISCUSIÓN.....	pg. 106
9. CONCLUSIONES.....	pg. 112
10. RECOMENDACIONES.....	pg. 114
11. BIBLIOGRAFÍA.....	pg. 117
12. ANEXOS.....	pg. 125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes bases de adhesión en brackets metálicos.....	pg. 14
Figura 2. Malla simple de la base de un bracket.....	pg. 14
Figura 3. Super malla de la base de un bracket.....	pg. 15
Figura 4. Polímeros lineales.....	pg. 16
Figura 5. Polímeros con cadenas cruzadas en una red tridimensional.....	pg. 16
Figura 6. Prismas del esmalte.....	pg. 23
Figura 7. Estrías de Retzius.....	pg. 23
Figura 8. Medios de aislamiento durante la adhesión de brackets.....	pg. 27
Figura 9. Esmalte grabado con ácido fosfórico.....	pg. 29
Figura 10. Esmalte grabado con ácido poliacrílico.....	pg. 30
Figura 11. Patrón de descalcificación del esmalte tipo I.....	pg. 32
Figura 12. Patrón de descalcificación del esmalte tipo II.....	pg. 32
Figura 13. Patrón de descalcificación mixto del esmalte.....	pg. 33
Figura 14. Comprobación de la ubicación del bracket con un espejo bucal.....	pg. 38
Figura 15. Polvo típico de una aleación mixta de amalgama de alto contenido en cobre.....	pg. 42
Figura 16. Fotografía con ME de barrido de una superficie metálica arenada.....	pg. 43
Figura 17. Diferencia entre el área de amalgama arenada y preparada con piedra de diamante.....	pg. 43
Figura 18. Corte transversal de una corona metal-cerámica.....	pg. 47
Figura 19. Fotografía con ME del arenado de superficie de porcelana.....	pg. 49
Figura 20. Paralelógrafo.....	pg. 57
Figura 21. Dientes artificiales de ivorina.....	pg. 58
Figura 22. Molde hecho de radiografía periapical.....	pg. 58
Figura 23. Área dibujada con lápiz sobre superficie vestibular.....	pg. 59
Figura 24. Ubicación del centro de la corona con el posicionador de brackets.....	pg. 59

Figura 25. Medición de la profundidad de las cavidades con lima de endodoncia.....	pg. 60
Figura 26. Realización de las cavidades con fresa de diamante.....	pg. 60
Figura 27. Resina, adhesivo y ácido 3M ESPE usados para la confección de las superficies de resina.....	pg. 61
Figura 28. Colocación de ácido fosfórico en la cavidad de diente de ivorina.....	pg. 62
Figura 29. Lavado y secado de la cavidad del diente de ivorina.....	pg. 62
Figura 30. Colocación de adhesivo.....	pg. 62
Figura 31. Colocación de luz halógena.....	pg. 62
Figura 32. Colocación de la resina.....	pg. 63
Figura 33. Acabado de la restauración de resina con piedra de Arkansas.....	pg. 63
Figura 34. Pulido de la restauración de resina con discos shoufu super snap.....	pg. 63
Figura 35 Astropol, pulido de la restauración de resina.	pg. 63
Figura 36. Muestra de la superficie de resina terminada.....	pg. 64
Figura 37. Cápsulas de amalgama.....	pg. 65
Figura 38. Amalgamador.....	pg. 65
Figura 39. Colocación de amalgama con un porta amalgama.....	pg. 65
Figura 40. Condensación de la amalgama.....	pg. 65
Figura 41. Bruñición de la amalgama.....	pg. 65
Figura 42. Pulido de la amalgama con piedra verde.....	pg. 65
Figura 43. Pulido y brillo de la amalgama con punta de goma marrón.....	pg. 66
Figura 44. Muestra de la superficie de amalgama terminada.....	pg. 66
Figura 45. Tallado de caras libres y proximales de los dientes.....	pg. 68
Figura 46. Tallado de cara oclusal.....	pg. 68
Figura 47. Tallado terminado de las coronas.....	pg. 68
Figura 48. Colocación de separador de yeso.....	pg. 69
Figura 49. Colocación de separador de patrón de cera.....	pg. 69
Figura 50. Encerado de las cofias.....	pg. 69
Figura 51. Colocación de cera para el sellado.....	pg. 69

Figura 52. Colocación en el aro metálico.....	pg. 70
Figura 53. Vaciado del revestimiento.....	pg. 70
Figura 54. Cilindro en el horno Proceso desencerado.....	pg.70
Figura 55. Colado del metal.....	pg. 70
Figura 56. Arenado.....	pg. 70
Figura 57. Horno metal porcelana.....	pg. 71
Figura 58. Colocación opacador.....	pg. 71
Figura 59. Colocación porcelana.....	pg. 71
Figura 60. Colocación Glaze.....	pg. 71
Figura 61. Molde de metal para hacer los cubos de acrílico.....	pg. 72
Figura 62. Colocación de los dientes con acrílico sobre el molde de metal.....	pg. 72
Figura 63. Instrucciones de uso del adhesivo “Ortho Solo”.....	pg. 72
Figura 64. Instrucciones de uso de la resina “Enlight”.....	pg. 73
Figura 65. Brackets “Master/ Mini Master Series” slot 0.022, prescripción Roth de la casa comercial AO (American Orthodontics).....	pg. 73
Figura 66. Mallas de la base del bracket “Master/ Mini Master Series”.....	pg. 74
Figura 67. Colocación de ácido fosfórico sobre esmalte.....	pg. 75
Figura 68. Lavado y secado del esmalte.....	pg. 75
Figura 69. Colocación de adhesivo sobre esmalte.....	pg. 75
Figura 70. Colocación de luz halógena.....	pg. 75
Figura 71. Aplicación de adhesivo sobre la base del bracket.....	pg. 76
Figura 72. Aplicación de resina sobre la base del bracket.....	pg. 76
Figura 73. Transporte y ubicación del bracket sobre el esmalte.....	pg. 76
Figura 74. Retiro de excesos de resina.....	pg. 76
Figura 75. Colocación de luz halógena.....	pg. 76
Figura 76. Radiómetro.....	pg. 77
Figura 77. Colocación de ácido fosfórico sobre superficie de resina.....	pg. 78
Figura 78. Lavado y secado de superficie de resina.....	pg. 78
Figura 79. Aplicación de silano sobre la superficie de resina.....	pg. 78
Figura 80. Colocación de resina sobre la base del bracket.....	pg. 78
Figura 81. Ubicación del bracket sobre la superficie de resina.....	pg. 79

Figura 82. Retiro de los excesos de resina.....	pg. 79
Figura 83. Aplicación de luz halógena.....	pg. 79
Figura 84. Arenado de la amalgama.....	pg. 80
Figura 85. Aplicación de adhesivo sobre la superficie de amalgama.....	pg. 80
Figura 86. Ubicación del bracket sobre la superficie de amalgama.....	pg. 80
Figura 87. Retiro del exceso de resina.....	pg. 80
Figura 88. Aplicación de luz halógena.....	pg. 80
Figura 89. Ácido fluorhídrico y silano "Ultradent".....	pg. 81
Figura 90. Grabado con ácido fluorhídrico sobre la porcelana.....	pg. 82
Figura 91. Eliminación del ácido con rollo de algodón.....	pg. 82
Figura 92. Aplicación de silano sobre la porcelana.....	pg. 82
Figura 93. Aplicación de resina sobre la base del bracket.....	pg. 82
Figura 94. Ubicación del bracket sobre la porcelana.....	pg. 83
Figura 95. Aplicación de luz halógena.....	pg. 83
Figura 96. Máquina Universal de fuerzas Tinius Olsen.....	pg. 84
Figura 97. Colocación de las muestras en las mordazas de la máquina universal de fuerzas.....	pg. 84
Figura 98. Calibrador.....	pg. 88

LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS

Tabla 1. Componentes del esmalte dental.....	pg. 22
Tabla 2. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en kg. del primer grupo (grupo control).....	pg. 85
Tabla 3. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del segundo grupo (superficie de resina).....	pg. 85
Tabla 4. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del tercer grupo (superficie de amalgama).....	pg. 86
Tabla 5. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del cuarto grupo (superficie de porcelana).....	pg. 86
Tabla 6. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 1 con la fórmula 1.....	pg. 89
Tabla 7. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 1 con la fórmula 2.....	pg. 89
Tabla 8. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 2 con la fórmula 1.....	pg. 90
Tabla 9. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 2 con la fórmula 2.....	pg. 90
Tabla 10. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 3 con la fórmula 1.....	pg. 91
Tabla 11. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 3 con la fórmula 2.....	pg. 91
Tabla 12. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 4 con la fórmula 1.....	pg. 92
Tabla 13. Conversión de kg. a MPA de los resultados del grupo 4 con la fórmula 2.....	pg. 92
Tabla 14. Media y desviación estándar de la resistencia a fuerzas de tracción de cada uno de los grupos.....	pg. 97
Tabla 15. Test de Duncan (diferencias entre las medias).....	pg. 99
Tabla 16. Cuadro comparativo del nivel de significancia de las medias...	pg. 102
Tabla 17. Agrupación estadística de medias en grupos homogéneos.....	pg. 103

Tabla 18. Tabla de chi cuadrado.....	pg. 104
Tabla 19. Rango de las muestras determinado por SPSS.....	pg. 105
Gráfico 1. Curva de Gauss.....	pg. 94
Gráfico 2. Ampliación de la curva de Gauss de los datos obtenidos.....	pg. 94
Gráfico 3. Límites superiores e inferiores de cada uno de los cuatro grupos.....	pg. 97

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**EVALUACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA A FUERZAS DE
TRACCIÓN DE BRACKETS METÁLICOS CEMENTADOS CON
RESINA DE FOTOCURADO SOBRE DIFERENTES SUPERFICIES
DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN**

Dra. Leslie Lorena López Sardi

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Especialista en Ortodoncia

Quito, Abril del 2009

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**Colegio de Posgrados****HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS****EVALUACIÓN IN VITRO DE LA RESISTENCIA A FUERZAS DE TRACCIÓN DE BRACKETS METÁLICOS CEMENTADOS CON RESINA DE FOTOCURADO SOBRE DIFERENTES SUPERFICIES DE MATERIALES DE RESTAURACIÓN****Dra. Leslie Lorena López Sardi**

Dra. Carolina Dueñas

Directora de Tesis

Dra. Myriam Montalvo

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Carlos Meneses

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Eduardo Acevedo

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Gerson Cabezas

Director de la Especialidad de Ortodoncia

Dr. Mauricio Tinajero

Director del Programa en Especialidades Odontológicas

Dr. Enrique Noboa

Decano Colegio Ciencias de la Salud

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

Decano del Colegio de Postgrados

Quito, Abril del 2009

1. INTRODUCCIÓN

La Ortodoncia es una de las especialidades más antiguas de la Estomatología. Antes de contar con los sistemas de brackets que se usan comúnmente en la actualidad, la ortodoncia tuvo que pasar por ciertos procesos evolutivos.⁶⁶

Pierre Fauchard considerado históricamente como el “Padre de la Ortodoncia”, en los años 1728 menciona que es posible realizar movimientos dentales para lo cual diseñó una banda metálica con perforaciones por donde pasaban hilos que servían para sujetarse a dientes vecinos.⁴⁹

En 1757, Hunter creó un aparato parecido al anterior pero que se extendía a todos los dientes de la arcada y era metálico. En 1803 Fox confeccionó otro aparato aunque similar estaba hecho a base de oro y en vez de estar sujeto con hilos, estaba con alambres. En 1895, John N. Farrar crea bandas continuas para premolares y molares y bandas para los incisivos siendo el primero en tomar en cuenta los movimientos radiculares.⁴⁹

En 1915, Edgar Angle, considerado el “Padre de la Ortodoncia Moderna” desarrollo el aparato arco cinta, el mismo que introdujo los brackets que eran más simples tanto en su construcción como en su activación. Ya para 1928 reemplazo el aparato arco cinta por bandas individuales para cada diente surgiendo la técnica de arco de canto.^{8,66}

Otros autores como Tweed, Merrifield, Begg, entre otros, fueron mejorando los aparatos hasta que se produjo la transición de las bandas a la adhesión directa de brackets sobre superficies vestibulares de los dientes.^{8,49}

Con la introducción de las técnicas de adhesión se ha producido cambios espectaculares en la práctica de la ortodoncia. En 1955 Buonocore demostró el aumento de la adhesión producido por el pretratamiento con ácido fosfórico. En 1965, Newman con la llegada de la adhesión con resina epóxica empezó a aplicar estos descubrimientos para la adhesión de aparatos ortodóncicos.

Desde alrededor de los años setenta ha habido numerosas publicaciones acerca de adhesión en ortodoncia. Este desarrollo de las técnicas de adhesión ha provocado un cambio en el uso de los aparatos ortodóncicos fijos, sin embargo la simplicidad de la adhesión no debe ser confundida por técnicas mal utilizadas por un clínico inexperto o incluso por ortodoncistas experimentados. Es así que para el procedimiento de adhesión se necesita que se conozca y se cumpla los principios aceptados de la odontología preventiva y de la ortodoncia.⁸

La demanda de ortodoncia en adultos ha aumentado en los últimos años para mejorar la estética y la salud dental. Estos pacientes presentan generalmente algún tipo de restauración en sus bocas como amalgama, porcelana, resina compuesta por lo que los ortodoncistas están comprometidos a cementar aditamentos de ortodoncia sobre superficies no adamantinas y a la vez tienen la responsabilidad de mantener la estética de dichas restauraciones luego de terminar el tratamiento de ortodoncia.

En los últimos años la industria ortodóncica ha creado excelentes e innovadores materiales que por su composición y diseño han provocado que se modifiquen las técnicas clásicas y por ende han mejorado la efectividad, rapidez y seguridad de nuestros tratamientos.⁷⁸

Al momento de escoger un material adhesivo así como al aplicar el procedimiento del mismo debemos tomar en consideración no solo que los materiales a utilizar sean lo suficientemente resistentes a los efectos de la masticación sino que permitan un despegado de los brackets fácil y seguro. El

despegado de los brackets es casi tan importante como la técnica de adhesión y debe evitar el daño al esmalte o restauraciones al momento de retirar el adhesivo.⁷⁸

La adhesión de los brackets dentro de boca esta afectada por diferentes fuerzas que interfieren sobre él; estas fuerzas pueden darse en tres sentidos del espacio los mismos que están dados por medio de momentos y fuerzas.

Las fuerzas no solo están producidas por la función normal de la masticación sino por dobleces realizados en el alambre; sin embargo tratar de reproducir los efectos de todas estas fuerzas in Vitro no es fácil. Las fuerzas que con mayor frecuencia han sido reproducidas in Vitro son: tracción o tensión, torque o torsión, cizallamiento o desplazamiento.³⁸

“La fuerza de tracción es provocada por una carga que tiende a estirar o alargar un cuerpo. En odontología, existen pocas situaciones con fuerzas de tracción puras”.⁴⁰ Un ejemplo de tracción pura puede darse al masticar un caramelo pegajoso que puede despegar los brackets.

“La fuerza de cizallamiento resiste el desplazamiento o movimiento de una parte de un cuerpo sobre otro; por ejemplo si se aplica una fuerza sobre la superficie de esmalte con un instrumento con bordes afilados, paralelamente a la interfase entre el esmalte y el bracket de ortodoncia, el bracket se despegará a causa de la fuerza de cizallamiento”.⁴⁰

El propósito de este estudio es comparar la resistencia a la tracción que ofrecen los brackets metálicos adheridos con resina de fotocurado a superficies de esmalte dentario, resina compuesta, amalgama y porcelana, medida en una máquina de pruebas universales y determinar cual de las superficies mencionadas presenta una mayor fuerza de adhesión.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Adhesión

2.1.1. Definición

Existen muchas definiciones sobre adhesión pero quizá una de las más simples es la que la define como aquella que deriva del latín Adhesión, que quiere decir pegar o unir una cosa a otra.⁶⁷

Otros conceptos más complejos lo definen como el fenómeno por el cual dos superficies colocadas en contacto se mantienen unidas por fuerza de atracción establecida entre sus moléculas; unión química o mecánica entre materiales mediante un adhesivo.³³

Dentro de estos conceptos se los divide en: Adhesión mecánica que se da cuando una de las partes penetra entre las irregularidades que tiene la otra y quedan trabadas y Adhesión química que se produce cuando las partes entran en contacto por medio de la fuerza obtenida por la formación de uniones químicas entre la superficies que se van a adaptar entre si debido a un contacto íntimo.³³

La adhesión participa en muchas circunstancias dentro del mundo de la odontología como en el caso de los materiales de restauración, la retención de prótesis totales (adhesión entre saliva y prótesis y entre saliva y tejido blando), en el uso de aparatos ortodóncicos fijos, etc. Por esta razón, es importante para el odontólogo comprender los principios fundamentales relacionados con el fenómeno.³⁹

Hay que diferenciar adhesión de cohesión; la primera se refiere a cuando dos sustancias entran en íntimo contacto y las moléculas de una de ellas se adhieren o son atraídas por las moléculas de la otra mientras que la segunda se refiere a cuando son atraídas moléculas de igual tipo.³⁹

2.1.2. Formas y medios de adhesión

2.1.2.1. Física: Se da exclusivamente por traba mecánica entre las partes a unir. Esta se clasifica en:

- Macromecánica
- Por pines y rieleras
- Micromecánica
- Efecto geométrico
- Efecto reológico³³

2.1.2.2. Química o específica: Se da exclusivamente por la reacción química entre dos superficies en contacto y se puede dar por:

- Enlaces primarios
- Enlaces secundarios³³

2.1.3. Factores que favorecen la adhesión

2.1.3.1. Dependientes de las superficies

- En contacto íntimo
- Limpias y secas
- Con alta energía superficial
- Potencialmente receptivos a uniones químicas
- Superficie lisa vs. rugosa³³

2.1.3.2. Dependientes del adhesivo

- Tensión superficial
- Humectancia
- Ángulo de contacto
- Estabilidad dimensional
- Resistencia mecánica química adhesiva-cohesiva
- Biocompatibilidad³³

2.1.3.3. Dependientes del Biomaterial

- De fácil manipulación y aplicación
- Confiabilidad de la técnica adhesiva
- Compatibilidad con los medios adhesivos a usar³³

2.1.3.4. Dependientes del profesional y del personal auxiliar

- Capacitación
- Conocimiento³³

2.1.3.5. De los fabricantes

- Calidad y durabilidad
- Instrucciones claras y precisas
- Bajo costo
- Fácil almacenamiento³³

2.2. Adhesión en Ortodoncia

“Adhesión es el nombre convencional en ortodoncia que se da a la unión del bracket con resinas adhesivas a la superficie del esmalte”. Tanto las fuerzas físicas como las químicas participan en este proceso pero también interviene el trabado mecánico como adhesión entre el polímero de baja viscosidad que es el agente adhesivo y la superficie de esmalte.⁶⁶

La ejecución óptima de la adhesión de adminículos ortodónticos ofrece muchas ventajas si la comparamos con el bandeo convencional:

- Estéticamente mejores, más sencillos y mayor rapidez.
- Le ocasiona menos molestias al paciente (no hay asentamiento de bandas ni separación).
- Permite la colocación de brackets en dientes semierupcionados

- La longitud del arco no sufre aumento por el material de las bandas.
- Se puede realizar tratamientos complementarios como desgaste interproximal, restauraciones en caras linguales
- Se reduce el riesgo de caries interproximales ya que pueden ser detectadas y tratadas. Las invaginaciones dentales en incisivos pueden ser controladas.
- No hay espacios ocupados por bandas que deban cerrarse al final del tratamiento.
- No hace falta tener un gran inventario de bandas. Se pueden usar brackets por lingual (o palatino) cuando el paciente rechaza aparatos ortodónticos visibles.
- Los elementos pueden ser adheridos a puentes fijos, en particular cuando la cara vestibular de los dientes pilares no es metálica.^{78,8}
- Se puede colocar aditamentos como botones, hooks, directamente sobre los dientes sea por vestibular o lingual sin la necesidad de fabricar bandas que lleva mas tiempo.³⁰
- Se puede mantener mejor estado gingival y periodontal ya que hay mejor acceso para la limpieza comparado con las bandas. En el sitio donde se colocan las bandas hay incremento inflamatorio de las encías, placa gingival e incluso en algunos casos bolsas periodontales.^{74,42}
- Se puede colocar la retención fija por lingual antes de retirar los aparatos ortodónticos.¹³

- No se necesita colocar separadores (de alambre o goma) entre los dientes.
- Se puede controlar la erupción de dientes impactados o parcialmente erupcionados y esto permite realizar fuerzas que guíen su erupción correctamente de forma más temprana, mientras que con las bandas se debe esperar su erupción para colocarlos.¹³

Aunque las bandas han sido desplazadas por los aditamentos ortodóncicos de adhesión, es necesario conocer las ventajas que presentan éstas y saber su correcto uso en el momento de la cementación ya que aún existen casos donde se las usa para bandeado de molares.¹³

Las desventajas que puede presentar la adhesión son:

- La fijación de un bracket adherido es más débil que la de una banda cementada por lo tanto puede ser frecuente el despegado de brackets en la interfase esmalte – resina o resina - bracket.
- Se necesita realizar descalcificación del esmalte antes de la colocación del bracket
- Falta la protección contra caries interproximales que aportan las bandas cementadas bien contorneadas.
- La adhesión es más complicada cuando se requieren elementos auxiliares por lingual o cuando se vinculan casquetes.
- La readhesión de brackets sueltos requiere más preparación que el rebandeado de una banda floja.
- El despegado lleva más tiempo que retirar una banda, porque retirar el adhesivo es más difícil que el cemento.^{8,78}

- El ortodoncista esta sujeto a seguir todas las instrucciones exactamente como la prescriben las casas comerciales para evitar cualquier fracaso.¹³

2.2.1. Adhesión directa e indirecta de los brackets

En ortodoncia se puede realizar la adhesión de los aditamentos ortodóncicos mediante la técnica directa o la indirecta, pero independientemente de la técnica usada el mecanismo básico de adhesión no varía en cuanto a la preparación del esmalte.⁶⁶

Sin embargo, estudios han demostrado que ninguna de las dos técnicas sea la adhesión directa o indirecta son cien por ciento precisas; incluso en ambas técnicas se puede fallar en la ubicación ideal del bracket.¹

“La técnica de adhesión indirecta ha sido creada para mejorar la precisión del posicionamiento del bracket”, para esto se coloca los brackets en una posición ideal sobre el modelo de estudio y se transfiere a la boca mediante cubetas.⁷⁶

“La técnica de adhesión directa es la unión directa de los aparatos ortodóncicos a dientes grabados mediante adhesivos curados químicamente o con luz”.⁶⁶

La técnica de adhesión directa “es el método más popular entre los ortodoncistas, debido a su simplicidad y confiabilidad”.⁶⁶

En un estudio realizado por Aguirre Michael, donde ambas técnicas directa e indirecta fueron comparadas con respecto al posicionamiento de los brackets, fuerza de adhesión, promedio de fracasos y el tiempo involucrado clínicamente y en el laboratorio tuvo como resultados que no hubo diferencias significativas en cuanto al posicionamiento de los brackets con excepción de los caninos maxilares en donde la técnica indirecta

obtuvo mejores resultados y los segundos premolares mandibulares fueron colocados mejor con la técnica directa. Otro factor que hubo diferencia fue el tiempo en clínica donde la técnica indirecta ahorra mas tiempo, sin embargo ésta necesita mas tiempo en laboratorio.¹

Cada técnica tiene sus ventajas y desventajas y dependerá de la decisión, gusto y habilidad de cada ortodoncista para poner en práctica cualquiera de las dos técnicas para la adhesión de brackets.⁸

2.3. Brackets

En el mercado existe una variedad de brackets; “después de la fabricación del bracket blando por Angle (llamado así porque estaba hecho de oro, era fácil de abrir y se distorsionaba mucho perdiendo el ajuste), del duro por Steiner, de la introducción de aletas para el control de la rotación y del diseño definitivo del bracket gemelo, pocas modificaciones ha experimentado en su arquitectura básica”.⁷⁸

Los brackets más difundidos en la actualidad son los de ranura 0.018” y de 0.022”, y los fabricantes cada vez han intentado reducir el tamaño de los mismos por lo que en la industria ortodóncica constantemente existirá cambios en el diseño o material.⁶⁶

Los brackets con mayor difusión desde los años noventa tienen características como: metálicos, gemelos y pequeños; base trapezoidal, redondeada o en forma de diamante; perfil bajo, slot 0,018” x 0,030” o de 0,022” x 0,030”; preajustados; aditamentos en caninos y premolares; reciclables y con torque en la ranura o en la base.^{70,78}

“En la actualidad podemos encontrar brackets sencillos y brackets gemelos en distintos anchos que alcanzan hasta los 4,5 o 5 mm”.⁷⁸

Existen varios tipos de materiales con los cuales se confeccionan los brackets como: plásticos, cerámicos, zafiro, acero inoxidable y titanio. Y de estos la mayoría de los clínicos prefieren “los metálicos para las aplicaciones corrientes, al menos en niños”.⁶⁶

Los brackets de titanio, se pueden utilizar en casos de pacientes con hipersensibilidad al níquel de los brackets metálicos convencionales.^{8,66}

“Los brackets pueden mostrar en su base tres tipos de retención: mecánica (brackets metálicos), química y mixta (Brackets de plástico y cerámicos).⁷⁸

Sin importar el diseño o material, los brackets deberían tener ciertas características para categorizarse como un bracket ideal, entre las que podemos mencionar:

- Biocompatible.
- Ser sencillo para identificarlo, pegarlo y ajustarlo.
- Estético.
- Cómodo para el paciente y que permita una limpieza sencilla.
- Poseer “máxima efectividad biomecánica”, es decir óptimo para transferir toda la información tanto externa (arco) como interna (ranura y base).
- Brindar un buen control en los tres planos del espacio.
- Resistentes a fuerzas de masticación y tracción.
- Estable física y químicamente, sin provocar alteraciones ni tinciones en el esmalte dental.
- Sencillo para despegarlo.
- Económico.⁷⁸

2.3.1. Brackets Metálicos

Los brackets de metal de acero inoxidable son muy usados en la práctica ortodoncia, sin embargo el color y su visibilidad puede ser un inconveniente para la estética. Para minimizar este problema muchos fabricantes han intentado reducir su tamaño, por lo que siempre existen continuos diseños que además de ayudar a la estética también van a minimizar la irritación gingival.^{8,66}

En estos brackets metálicos la corrosión puede ser un problema que se observa como manchas verdes o negras cuando se utiliza aditamentos de acero inoxidable. El problema de la corrosión puede ser debido a otros factores como el porcentaje de cobre, la acción galvánica, el diseño o construcción de la base del bracket, ambiente bucal y reciclado térmico.⁴⁵

La higiene oral inadecuada puede ser indirectamente un factor responsable del daño de la capa de oxígeno protectora de la base del bracket así como la susceptibilidad de cada esmalte dentario a las manchas.⁴⁵ Por esta razón se ha tomado gran interés en el uso de los brackets de titanio que a parte de ser más resistentes a la corrosión son biocompatibles.⁸

La elaboración de los brackets metálicos puede ser mediante dos sistemas diferentes, que son: Fundidos o Maquinados.

Los brackets fundidos se hacen por inyección de acero inoxidable, que logra una exactitud inigualable, principalmente en su slot. Además gracias a este sistema el paciente tiene menos molestia porque el cuerpo y aletas del bracket son redondeados quitando cualquier tipo de aristas que pueda lastimar a los tejidos blandos. Sin embargo, debido a su procedimiento complejo y laborioso, los brackets metálicos elaborados con este sistema suelen ser más costosos.

Los brackets maquinados son confeccionados a partir de un bloque sólido de acero inoxidable y a través de fresas y tornos se obtiene la forma

deseada, pero resultan un poco más incómodos debido a que sus líneas son muy agudas, por este motivo su costo es inferior a un bracket inyectado.⁷³

La retención de los brackets metálicos va a depender de la retención mecánica que ofrece una micromalla soldada a la base para su adhesión y existen otros que son con surcos fotograbados o con socavados fresados como los muestra la figura 1.^{8,78}

Muchos autores coinciden que “el área de la base de los brackets actuales es suficiente para la adhesión, y su extensión lateral se debe mas a consideraciones de higiene (para que el esmalte no quede desprotegido bajo las aletas) que a necesidades de retención”.

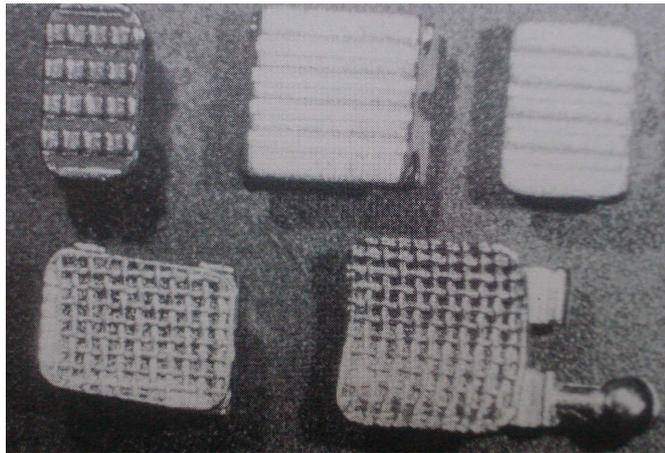


Figura 1. Diferentes bases de adhesión en brackets metálicos.⁷⁸

La base del bracket y el cuerpo se pueden unir con oro o con plata. La base que es donde se realiza las microretenciones pueden estar hechas por mecánica simple/malla simple o por Supermesh/súper malla. En la simple se hace pequeños orificios sobre la base a manera de retención (figura 2). Mientras que la súper malla es un diseño revolucionario con tecnología avanzada donde se emplea “dos capas de mallas firmes

superpuestas y soldadas que proporcionan una óptima fuerza de adhesión” (figura 3).^{68, 73}



Figura 2. Malla simple.⁴

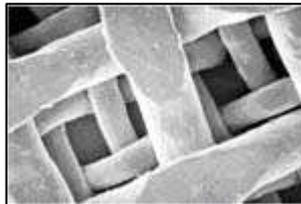


Figura 3. Súper malla.⁴

La ventaja que presentan los brackets metálicos comparados con otro tipo de brackets como los cerámicos es su efectividad biomecánica, resistencia, biocompatibilidad y menor resistencia a la fricción entre el alambre y el bracket facilitando el cierre de espacios en el tratamiento ortodóncico.^{8, 78, 32}

2.4. Tipos de adhesivos

El sistema de adhesión en ortodoncia tanto indirecta como directa tiene como meta asegurar una excelente adhesión de los brackets y otros aditamentos durante el tiempo que dura el tratamiento y a su vez que permitan ser despegados con facilidad sin causar ninguna lesión, manchas o daños sobre el esmalte.⁷⁸

En ortodoncia se emplean básicamente dos tipos de resinas dentales. Ambas son polímeros (“compuesto químico que consta de grandes moléculas orgánicas formadas por la unión de muchas unidades monoméricas más pequeñas y que se repiten”) ⁴⁰y se clasifican como resinas acrílicas o de diacrilato. ⁸

“Las resinas acrílicas se basan en acrílicos autocurables y consisten en monómero de metilmetacrilato y polvo ultrafino. La mayoría de las resinas de diacrilato se basan en resina epóxica (polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o “endurecedor”) modificada con acrílico: bis GMA o resina Bowen. Una diferencia fundamental es que las resinas del primer tipo forman polímeros lineales solamente (Figura 4), mientras que las del segundo tipo pueden polimerizar también por cadenas cruzadas en una red tridimensional (Figura 5). Estas cadenas cruzadas contribuyen a una mayor resistencia, menor absorción de agua y menor contracción de polimerización”. ⁸

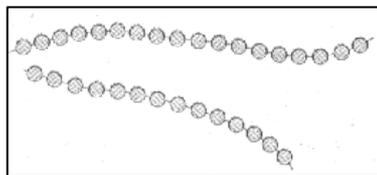


Figura 4. Polímeros lineales. ⁷³

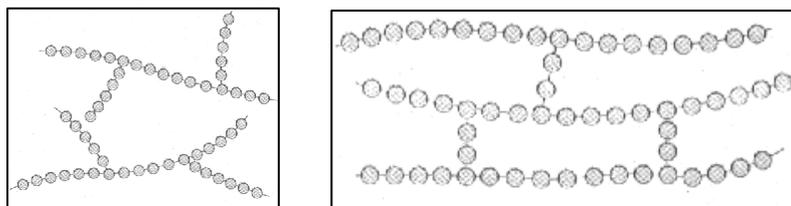


Figura 5. Polímeros con cadenas cruzadas en una red tridimensional. ⁷³

Los dos tipos de adhesivos vienen en formas con relleno o sin él. Algunas investigaciones independientes indican que las resinas de diacrilato rellenas del tipo bis GMA poseen las mejores propiedades físicas y son los adhesivos más fuertes para brackets metálicos, resinas acrílicas o combinadas han tenido mayor éxito con brackets plásticos y las acrílicas sin relleno o carga para los brackets plásticos y cerámicos.^{8, 9, 78}

Existen resinas como composite que tienen partículas de cuarzo o vidrio silicio de tamaño variado (3-20um) que les proporciona resistencia a la abrasión, y otras de tamaño más uniforme y más pequeñas (0.2 – 0.3 um) que le da una característica de superficie más lisa por lo que retienen menos cantidad de placa pero son más propensas a la abrasión.

Es importante tomar en cuenta que la adhesión de los brackets debe soportar las fuerzas de masticación; la fuerza de adhesión mínima para los brackets es de 6 a 7 Mpa.⁷⁸

La fuerza de la masticación en los seres humanos varía mucho de unos a otros. Pero en términos generales los hombres generan fuerzas mayores (53,6 a 64,4 Kg) a las de las mujeres (35,8 y 44,9 kg), aunque se ha podido registrar fuerzas de hasta 443 Kg. También se registran fuerzas diferenciales entre el sector posterior y anterior de la boca. Así, se han registrado valores de 41,3 a 89,8 Kg para un primer molar y de 13,2 a 23,1 Kg para un incisivo.⁶⁰

Como mencionamos antes, dentro de la cavidad oral el bracket debe resistir otro tipo de fuerzas como las necesarias para mover un diente las mismas que cambian constantemente durante el tratamiento. Las fuerzas ortodóncicas controladas varían entre 15 y 150 gr.⁸⁰

Por eso es necesario conocer las diferentes alternativas de adhesivos que existen en lugar de los sistemas pasta-pasta autopolimerizables:

2.4.1. Adhesivos a base de resina sin mezcla autopolimerizable

Estos adhesivos se endurecen cuando se ponen en contacto una pasta con un líquido "primer" aplicado sobre la superficie grabada y la cara posterior del bracket; o cuando hay otra pasta en el diente donde se va adherir.

Uno de los componentes del adhesivo se coloca sobre el esmalte previamente grabado y el otro componente se coloca sobre el bracket y luego de obtener la posición correcta del bracket se presiona firmemente en su sitio y es ahí donde se produce el curado que puede tardar entre 30 a 60 segundos.

Quizás una de las desventajas es que no se tiene suficiente información acerca de este tipo de adhesivos en cuanto a su resistencia y toxicidad, según estudios hechos in Vitro donde se compararon varios adhesivos ortodóncicos disponibles comercialmente se demostró que “los activadores líquidos de los sistemas sin mezclado son definitivamente tóxicos”.²⁵

2.4.2. Adhesivos a base de resinas bis GMA polimerizables con luz visible

Este tipo de adhesivos pueden ser curados por luz que se transmite a través de la estructura dentaria y brackets cerámicos. Las resinas polimerizadas por luz ultravioleta fueron populares con los brackets plásticos o metálicos con base perforada, pero la inaccesibilidad de la luz para llegar hasta la resina bajo las bases en forma de mallas (de los brackets) hizo que la mayoría de los clínicos utilicen resinas autopolimerizables. “La profundidad máxima de curado en las resinas fotocurables depende de la composición del composite, de la fuente de luz

y del tiempo de exposición”. Los adhesivos activados con luz visible tienen mayor profundidad de curado que los activados por luz UV.⁸

La fuerza adhesiva de materiales fotocurables es comparable in Vitro a la de los composites quimiocurados, pero no sería tan confiable in Vivo.²⁶

En estudios comparativos realizados In Vivo entre resinas autopolimerizables y fotopolimerizables, se ha comprobado que no existe porosidades ni microfugas en las resinas polimerizables con luz.⁷⁹

Este tipo de adhesivos fotocurables son muy útiles en aquellos casos en donde se necesita un endurecimiento rápido como cuando se va a colocar algún dispositivo sobre dientes retenidos y también son útiles en casos donde se requiera un tiempo más prolongado de trabajo como por ejemplo al tratar de ubicar un bracket que se encuentra en una posición difícil.⁸

2.4.3. Cementos ionómeros vítreos CIV convencionales

El Ionómero de vidrio aunque no sea considerado como adhesivo dental es un material muy importante ya que presenta una adhesión química con la estructura dentaria. Está compuesto de un polvo que es vidrio de aluminosilicato soluble al ácido y una solución acuosa de ácido poliacrílico o un poliácido similar.⁴⁰

“La mayoría de los cementos se suministran en forma de dos componente, polvo (básica) y líquido (solución ácida)”. Cuando se mezcla los dos componentes se logra una consistencia fluida o más espesa, que endurece (fragua) en un período razonable.⁴⁰

Inicialmente fueron usados como agentes de cementación en odontología restauradora, y tienen la propiedad de liberar iones de fluoruro para protección contra caries.⁸

2.4.4. Cementos de ionómero vítreo modificados con resina o híbridos

Gracias a los avances de la química de las resinas para las aplicaciones dentales se han desarrollado cementos a base de resina compuesta, por esta razón los cementos dentales se clasifican según sus principales ingredientes y sus aplicaciones.^{33, 34, 40}

Los cementos de ionómero vítreo (CIV) modificados con resina son conocidos también como ionómeros híbridos. Estos, a diferencia de los CIV convencionales, van a experimentar un fraguado más rápido mediante la luz o productos químicos. El componente básico del líquido es ácido policarboxílico y agua. La composición y estructura del vidrio de fluoraluminosilicato es básicamente similar a la de los ionómeros convencionales. Estos cementos presentan muchas ventajas de las resinas y de los ionómeros vítreos.^{8, 34}

Dependiendo de la fórmula y de la proporción polvo/líquido que haga el fabricante, la aplicación de estos cementos modificados puede ser no solo usados como adhesivos para brackets de ortodoncia sino como recubrimientos cavitarios, selladores de fisuras, bases, reconstrucciones de muñones, material restaurador, obturación radicular retrógrada.⁴⁰

Sus ventajas potenciales incluyen la velocidad y conveniencia de la foto activación y mejores propiedades físicas y mecánicas en relación a los ionómeros convencionales, la habilidad de adhesión en medios húmedos, liberación sostenida de flúor posiblemente con capacidad de recarga, así como fácil remoción y limpieza del diente después del tratamiento. Evidentemente, la fácil remoción es una ventaja solo si existe suficiente adhesión de los brackets durante el tratamiento activo.^{8, 33}

Cualquiera de los materiales adhesivos usados en ortodoncia deben reunir ciertas condiciones como:

- Suficiente resistencia interna y ser resistentes a la fractura.
- Ser estables dimensionalmente para evitar contracciones excesivas.
- Poder penetrar en las cavidades del esmalte para lo cual es necesario su fluidez.
- Biocompatible, económico y estable en almacenamiento correcto
- De fácil manejo
- Estético.^{33, 40}

2.5. Esmalte

Es el tejido más duro del diente y proviene embriológicamente de la diferenciación funcional del epitelio primitivo que cubre a la dentina y la protege de las influencias externas.⁶³

Esta sustancia adamantina es una matriz extracelular altamente mineralizada y de escaso metabolismo que se forman debido a la síntesis y secreción de las células llamadas ameloblastos las mismas que desaparecen cuando el diente hace su erupción en la cavidad bucal, por lo que no puede repararse como sucede con otros tejidos dentarios de naturaleza colágena.²⁸

Es un cuerpo físico sólido, cristalino (contiene cristales de hidroxiapatita) que en su composición prácticamente no contiene agua facilitando su limpieza y secado. Está compuesto un 95 % de materia inorgánica por lo que puede ser vulnerable a la desmineralización provocada por ácidos elaborados por los microorganismos existentes en la placa dental.²⁸

Dependiendo a la dentición a la que pertenece (primaria o secundaria) sus características variarán. Es capaz de absorber en su interior fluidos que

lo rodean. Así, si se encuentra limpio y seco se comportará como un cuerpo hidrófilo.³³

Su color esta dado por el reflejo de la dentina, es brillante y transparente el mismo que puede cambiar en el caso de alteraciones estructurales como caries, abrasiones, hipercalcificaciones, etc.

En su composición tiene:

Agua	2.4 %
Materia orgánica	1.7 %
Materia inorgánica	96 %
Fosfato de calcio y fluoruros	89%
Carbonato de calcio	4.30 %
Fosfato de magnesio	1.34 %
Otras sales	0.88 %
Cartílago	3.39 %
Grasa	0.20%

Tabla 1. Componentes del esmalte dental.⁶³

Las estructuras del esmalte son:

- *Prisma*: Formado por varillas o prismas de esmalte, dispuestas oblicuamente sobre la superficie del diente y se extienden desde la unión amelo-dentinaria a toda la superficie y varían en distintos ángulos. Los prismas van a variar de un diente a otro y de una superficie a otra incluso en el mismo diente (figura 6).
- *Bandas de Hunter-Schernger*: Son bandas oscuras y claras alternadas de ancho variable, se originan en el borde amelodentinario y se dirigen hacia fuera, terminando a cierta distancia de la superficie externa del esmalte.

- **Estrías de Retzius**: Aparecen en forma de bandas parduscas en los cortes, debido al desgaste del esmalte e indican la manera como se desarrolla el esmalte (figura 7).^{28, 47, 52}

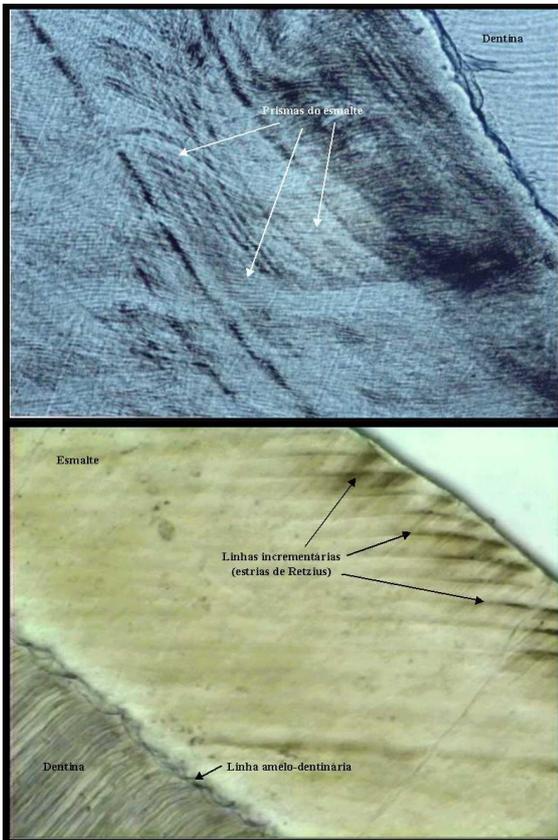


Figura 6. Prismas de esmalte.¹⁸

Figura 7. Estrias de Retzius.¹⁸

2.5.1. Adhesión de bracket sobre Esmalte

La adhesión de brackets tiene ventajas como rapidez en la colocación, reducción del inventario, eliminación de bandas, mayor higiene, mayor confort para el paciente y además resistir las fuerzas aplicadas durante el tratamiento de ortodoncia.⁵²

Se debe tomar en cuenta la humectabilidad del esmalte y la dentina porque el grado de esta va a influir marcadamente en la unión de los materiales. Por ejemplo al aplicar tópicos de fluoruros que pueden

disminuir la adhesión de placa pero también de otros materiales como los adhesivos que requieren ser colocados sobre sus superficies.⁴⁰

“La humectación es el mecanismo fundamental del que depende el éxito de todo el resto de los mecanismos de adhesión (adhesión química, engranaje micro mecánico, interpenetración). Un adhesivo no puede producir engranaje micromecánico, adhesión química o interpenetración a menos que el material contacte de manera íntima, se reparta por toda la superficie y llene las irregularidades microscópicas y submicroscópicas y esto se produce cuando el adhesivo moja toda la superficie”.⁴⁰

En el esmalte y la dentina se encuentran hidratos y son hidrófilos y permeables al agua por lo que este tipo de adherentes necesitan de un adhesivo hidrófilo e hidrolíticamente estable.^{33, 40}

Pueden existir fallas en la adhesión de los brackets o factores que contribuyen a la posibilidad de una fractura del enlace entre los brackets y los dientes pero esto tiene que ver con la individualidad de cada paciente por ejemplo la forma del diente, su ubicación dentro de la arcada. Así, se puede decir que los incisivos y los caninos tienen menos falla comparados con los premolares, y del mismo modo que los caninos maxilares se caen menos que los caninos mandibulares. Otra de las causas puede ser la habilidad del profesional, calidad del esmalte, características químicas de la resina y el tipo de fabricación del bracket (metálico, cerámico, zafiro).^{23,61}

En un artículo de Alexandra Ortiz se mencionan estudios realizados por Keiser y colaboradores sobre la unión de esmalte resina y bracket para determinar qué interfase era la más débil en la adhesión y por lo tanto la causante de la falla de unión del bracket a la estructura dental. Encontraron que la interfase resina/bracket, era en la mayoría de los casos la responsable del fracaso en la adhesión entre el diente y el bracket.⁶¹

“La causa más probable de las fallas en la interfase adhesivo/bracket es un adhesivo débil mientras que la falla en la interfase esmalte/adhesivo puede ser el resultado de una técnica incorrecta como contaminación por humedad o perturbación durante el curado”.⁸

Para lograr una adhesión al esmalte de manera segura, es indispensable lograr una unión mecánica entre los prismas del esmalte grabado y la resina polimerizada. Para esto es indispensable tomar en cuenta los niveles de temperatura a los que son sometidos los adhesivos ya que las temperaturas elevadas pueden producir que los niveles de tensión disminuyan.⁸⁰

Otro factor que se debe tomar en cuenta es que el uso prolongado de aparatología ortodoncia puede provocar efectos indeseables sobre el esmalte dentario. Por ejemplo, la presencia de manchas blancas al finalizar el tratamiento ortodóncico y esto ha estimulado a la búsqueda del material ideal.⁵⁵

Siempre hay que estar pendiente de las causas que provoquen efectos indeseables sobre la superficie dental para prevenir un avance agresivo de estas lesiones como transformarse en caries.⁴⁰

Para prevenir los problemas de desmineralización del esmalte ocasionado por las resinas ortodóncicas se ha comercializado una variedad de adhesivos que tienen en su composición química elementos fluorados. Sin embargo este tipo de adhesivos poseen ciertas desventajas como la baja afinidad que tienen con el esmalte dental como consecuencia una baja fuerza de adhesión.⁸²

2.5.2. Procedimiento de adhesión de brackets sobre esmalte dental

La estructura y propiedades físicas del esmalte ofrecen características que deben ser respetadas con tratamientos adecuadas en el momento de la adhesión que van a preservar las estructuras internas y externas del diente.³³

Los pasos para la adhesión directa sobre esmalte son:

- Limpieza
- Acondicionamiento del esmalte o grabado ácido
- Eliminación del ácido y secado de la superficie grabada
- Sellado
- Adhesión
 - Transferencia
 - Posicionamiento del bracket
 - Ajuste
 - Eliminación de adhesivo residual^{8,78,57}

2.5.2.1. Limpieza

Para eliminar la placa que recubre a los dientes se recomienda realizar la profilaxis de los mismos con piedra pómez que puede ser realizada con cepillo rotativo de cerdas pequeñas y sintéticas o goma para pulir con pieza de mano a bajas revoluciones.^{8, 57, 78} El uso de piedra pómez es recomendable porque es libre de sustancias saborizantes o aceitosas que pueden influir en la adhesión.¹³

Existe mucha discrepancia acerca del uso de flúor en pasta o gel antes del grabado ácido debido a que podría condicionar la posterior adhesión de los brackets porque dificulta la descalcificación de los prismas y la formación de cavidades retentivas, sin embargo autores como Damon aceptan que la limpieza del esmalte con pastas fluoradas no afecta la fuerza de adhesión bracket- resina- esmalte.⁷⁸

“Se ha demostrado que la profilaxis del esmalte antes del grabado produce fuerzas de unión máximas”.^{53,66}

Sin embargo existen estudios realizados donde demuestran que el promedio de fracasos en adhesión de los brackets fueron similares entre superficies pretratadas con profilaxis con piedra pómez con las no tratadas, sin embargo la remoción de placa acumulada es recomendada antes de la colocación de los brackets.⁷⁷

2.5.2.2. Acondicionamiento del esmalte

2.5.2.2.1. Control de la humedad

Es de vital importancia mantener el campo operatorio seco, es por ello que existen diversos implementos para cumplir con esta función:

- Expansores de labios y/o separador de carrillos (figura 8)
- Eyectores de saliva
- Protectores linguales con bloques de mordida.
- Obstructores de conductos salivales.
- Dispositivos combinados
- Rollos de algodón o de gasa
- Antisialogogos (en casos de sialorrea)⁸



Figura 8. Medios de aislamiento durante la adhesión de brackets.⁸

Es muy importante evitar la contaminación de la superficie con humedad o saliva para evitar los fracasos de adhesión en la interfase resina-esmalte.

2.5.2.2.2. Pretratamiento del esmalte

Luego de aislar y secar el campo operatorio se aplica sobre la superficie del esmalte el gel acondicionante e inmediatamente se procede a lavar con agua en spray la superficie y se seca con aire libre de humedad y aceite hasta obtener un aspecto mate o glacial. Es importante controlar que la superficie del esmalte no se contamine con saliva una vez grabado. Si esto ocurre debe volverse a grabar durante el tiempo indicado por el fabricante. Los dientes que no aparecen opacos deben ser regrabados.⁸

Newman, en los años 60 publicó que el éxito de la adhesión directa de los brackets con los diferentes tipos de resina se basaba en el sistema de grabado ácido.³⁴

El objetivo del grabado es descalcificar superficialmente el esmalte, elimina mediante un ácido la materia intra y/o interprismática creando cavidades retentivas para la resina de adhesión.⁷⁸

El agente de grabación puede ser en forma de gel o líquido, la ventaja del gel es que se puede controlar mejor en el momento de la colocación mientras que el grabador líquido se distribuye en un área mayor a la necesaria.²⁹

El agente de grabación suele ser ácido fosfórico al 37%, o al 35% y lo colocan durante 15 a 60 segundos⁸, de 15 a 30 segundos⁶⁶, 30 a 45 segundos.⁷⁸

El ácido fosfórico (H_3PO_4) ha sido recomendado en concentraciones de 20 – 50 % para obtener una óptima retención de los brackets, sin embargo estudios han demostrado que la reducción en la concentración del ácido y en el tiempo de aplicación no tiene efectos adversos en el proceso de adhesión. Pero aún hacen falta más estudios para corroborarlos. En 1986 el tiempo de aplicación era de 60 segundos, luego en 1990 disminuyó a 50 segundos y en los últimos años se lo aplica entre 15 a 30 segundos, pero la concentración ha permanecido en 37 %.⁸⁴

El tiempo de grabación va “a aumentar con la edad en los dientes primarios y en casos en que el esmalte tiene un alto contenido de fluoruro”.
14, 66

“El grabado ácido de esmalte es una de las formas más efectivas de mejorar la adhesión mecánica y asegurar los defectos de sellado entre las fases”. A diferencia de una superficie normal de esmalte no tratado, el esmalte grabado tiene una mayor energía superficial lo que provoca que la resina moja rápidamente la superficie y asegura su rápida penetración dentro de las porosidades⁴⁰ (figura 9).

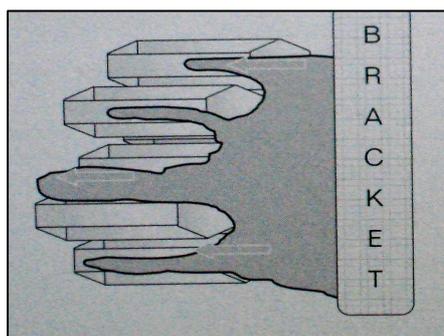


Figura 9: Esmalte grabado con ácido fosfórico, la resina penetra en la profundidad del esmalte.⁷⁸

La ventaja que tiene el ácido fosfórico es que permite que la resina entre a profundidad en el esmalte, comparado con otros ácidos como el ácido de poliacrílico en donde se forman espículas cristalinas que ayudan a la

retención físico-química de la resina (figura 10). La ventaja del ácido poliacrílico es el menor riesgo que tiene de dañar al esmalte al momento de despegar el bracket, pero la unión producida en comparación con el ácido fosfórico es más débil.^{8, 78}

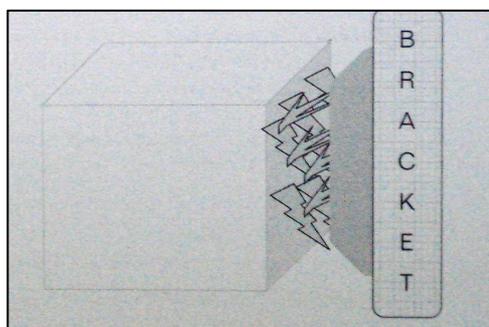


Figura 10. Esmalte grabado con ácido poliacrílico, retención físico-química de la resina.⁷⁸

Existen ciertos puntos que han sido motivo de varias discusiones como:

- La cantidad de área de la cara vestibular que debe ser grabada; según estudios realizados en los últimos 20 años han recomendado que no es necesario el grabado ácido de la superficie vestibular completa.⁸
- Diferencia entre el grabado ácido realizado con soluciones o geles; los geles ofrecen mayor control sobre el área deseada de colocación del ácido pero necesitará un lavado más completo. Sin embargo, no se ha encontrado una diferencia significativa en el esmalte luego del grabado ácido con gel o solución.¹⁴
- Tiempo adecuado del grabado; estudios han demostrado que “15 segundos son suficientes para grabar la mayor parte de los dientes permanente jóvenes. Sin embargo, existen variaciones individuales de la solubilidad del esmalte entre los distintos pacientes, los distintos dientes y aún dentro de un mismo diente, para los molares y para los dientes adultos se recomiendan 30 a 60 segundos debido a la disposición de los primas del esmalte y a su morfología coronal y

también hay que considerar las dificultades para mantener el esmalte seco en estas zonas durante la adhesión. Períodos más prolongados no ofrecen mayor retención, sino realmente menos debido a la pérdida de estructura superficial".^{8,18} Peter Diedrich²² menciona en su artículo que estudios realizados por Nordenvall y colaboradores compararon los efectos de la aplicación de ácido durante 15 y 60 segundos sobre esmalte de dientes permanente jóvenes y adultos; y encontraron que 15 segundos para dientes jóvenes y 60 segundos para dientes permanentes adultos era suficiente para crear retención.

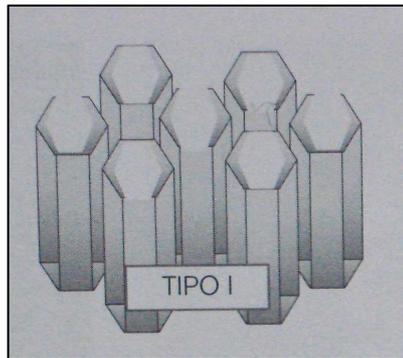
- Acondicionamiento para dientes temporarios; "se arena con 50 um de óxido de aluminio durante 2 segundos que va a eliminar la parte del esmalte aprismático más externo", seguido a esto se coloca ácido fosfórico al 35% (gel Ultra dent).⁸
- Arenado y grabado ácido; al realizar el arenado con grabado ácido va a producir "uniones que pueden ser comparables o superiores a las del esmalte que solamente fue grabado con ácido sin previa arenación."⁸
- En casos de dientes pretratados con fluoruro no necesitan tiempo adicional de grabado, sin embargo, se puede comprobar viendo la superficie del esmalte hasta que ésta tenga un color totalmente opaca y escarchada luego del grabado.^{8,78}

Cabe mencionar que existen variaciones adamantinas luego de la aplicación del grabado ácido que no solo va a depender del tipo de diente (temporal o permanente) sino de la concentración y tiempo de acción del ácido como mencionamos anteriormente, del grado de erupción, anatomía coronal y de la disposición prismática de la zona grabada. Galil y colaboradores han encontrado hasta 5 patrones de grabado, pero la mayoría habla de hasta tres tipos de patrones.⁷⁸

Tipo I: Descalcificación central o del corazón del prisma (figura 11).

Tipo II: Descalcificación interprismático periférica (figura 12).

Tipo III: Mixto (figura 13).



A

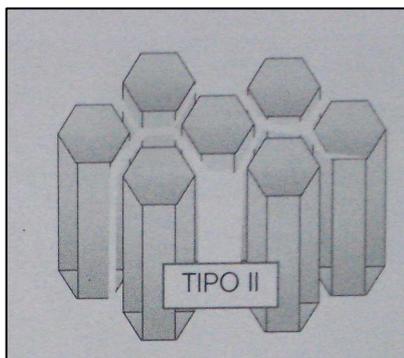


B



C

Figura 11. A, B, C Patrón de descalcificación del esmalte tipo I. ^{40, 78}



A



B

Figura 12. A y B Patrón de descalcificación del esmalte tipo II. ⁷⁸



Figura 13. Patrón de descalcificación mixto del esmalte, diferentes patrones de grabado e incluso áreas no afectadas.⁷⁸

El grabado ácido debe ser hecho cuidadosamente tomando en cuenta también las instrucciones del fabricante porque es uno de los pasos más críticos para conseguir el éxito en la adhesión.¹³

“El grabado corriente elimina 3-10 μm de esmalte superficial, otros 25 μm que revelan sutiles alteraciones histológicas. Las disoluciones más profundas han sido de hasta 100 μm ”.⁸

Una de las preocupaciones de los odontólogos es si el ácido causa daños permanentes en el esmalte; recientes investigaciones han comprobado que el grabado ácido no causa daño permanente al esmalte y que las alteraciones son reversibles. Es decir la aplicación de ácido sobre esmalte sano no es perjudicial tomando en cuenta que el espesor normal del esmalte es de 1000 – 2000 μm excepto en el margen cervical en donde el esmalte se adelgaza.²² Numerosas publicaciones lo han confirmado como Miura en 1972, Terief en 1973 y Albert en 1971 quienes están de acuerdo que se produce una remineralización del esmalte relativamente rápida.¹³

2.5.2.3. Eliminación del ácido y secado de la superficie de esmalte grabada

Luego de colocar el ácido el tiempo adecuado éste debe ser eliminado por completo de la superficie del esmalte y se lo hace con agua a presión (jeringa del equipo dental) durante 30 a 60 segundos junto con aspiración de alto volumen. Luego hay que secar cada uno de los dientes con aire el mismo que debe estar libre de aceite o humedad hasta conseguir que el esmalte tenga un color blanco tiza que es una señal macroscópica de la efectividad del grabado.^{66,78} Es muy importante evitar la contaminación del esmalte grabado y seco con saliva que puede provocar el fracaso de la adhesión. Se puede controlar el campo seco con varios implementos, los mismos que fueron mencionados anteriormente.²⁴

2.5.2.4. Sellado

El objetivo principal de este paso es conseguir una adhesión inmediata y segura del bracket al esmalte, actualmente existen muchos materiales que facilitan la adhesión del bracket y ahorran tiempo de sillón dental, ya que ahorran este paso de sellado. Existen productos resinosos en donde ya vienen incorporados el adhesivo o brackets con adhesivo preincorporado.⁷⁸

Con el uso de las resinas convencionales en ortodoncia, que es lo más común, se debe aplicar sobre el esmalte un adhesivo conocido también como sellador luego del grabado ácido y secado de la superficie adamantina; este adhesivo puede ser aplicado con una torunda de espuma plástica o cepillo y el movimiento debe ser en una sola dirección gingivoincisoral para cada diente. Se debe que evitar colocar un exceso de sellador porque puede producir desplazamiento del bracket en el momento de la polimerización, la capa debe ser delgada y pareja.^{2, 8}

Luego de cubrir todas las superficies del bracket se debe colocar la pasta adhesiva sobre el bracket con la cantidad adecuada de tal manera que no exista exceso o falte cubrir toda la base al momento de presionarlo sobre el esmalte. Los adhesivos fotopolimerizables o de fraguado más lento

permiten mayor tiempo para la ubicación correcta del bracket a diferencia de los adhesivos autopolimerizables de fraguado rápido. “El uso de selladores previo a la aplicación de resinas ortodóncicas no parece limitar la capacidad adhesiva de los brackets de acero al esmalte”.⁷⁸

Generalmente se usa adhesivos de fraguado lento en los casos donde se coloca los brackets por primera vez porque requieren de mayor cuidado para su posición y a menudo es necesario realizar movimientos al final, mientras que los de fraguado rápido se puede usar para la colocación de un bracket individual.²

El uso de selladores ha sido muy controversial, algunos investigadores mencionan que es necesaria para lograr una adecuada adhesión, otros dicen que es útil para evitar las microfiltraciones o para ambas cosas, e incluso algunos piensan que es innecesaria.⁸³

Sin embargo evidencias clínicas no han demostrado que el sellador afecte la adhesión y respecto a la protección de caries que provee el sellador se requiere de mayores estudios que lo corroboren, pero investigadores como Ceen y Gwinnett han demostrado que el sellador fotopolimerizable protege de lesiones superficiales al esmalte. Por lo tanto es aconsejable el uso del sellador tomando en cuenta que el tiempo de trabajo para su colocación es mínimo.^{8, 17}

2.5.2.5. Adhesión

Una vez colocado el sellador en todos los dientes se procede a colocar el bracket firmemente sobre el diente y hay que ubicarlo correctamente

antes de presionarlo en su posición final para asegurar un buen contacto entre el primer (sellante) y el adhesivo.²

En este paso el operador realiza la adhesión propiamente dicho y existen dos maneras de hacerlo como ya se mencionó anteriormente: directa e indirecta.⁸

Para la adhesión directa hay diversos adhesivos y constantemente aparecen nuevos pero la técnica varía muy poco de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

El procedimiento en general con cualquiera de los adhesivos que se realiza para la adhesión con la técnica directa es:

- Transferencia
- Posicionamiento
- Ajuste
- Eliminación de excesos^{8, 78}

2.5.2.5.1. TRANSFERENCIA

Se utiliza pinzas portabackets y se coloca el adhesivo en la base del bracket e inmediatamente se traslada a la cara vestibular del diente cerca de la posición correcta.^{8, 78}

2.5.2.5.2. POSICIONAMIENTO

Para el correcto posicionamiento hay que realizar una observación en sentido tridimensional. Se debe colocar el bracket en una correcta posición en sentido vertical (oclusogingival), horizontal (mesiodistal) y axial de acuerdo con el eje mayor de la corona/raíz.⁷⁸ “Los aparatos preajustados,

en la ranura de los brackets tienen incorporados los ajustes necesarios para lograr la ubicación apropiada del diente, pero estos ajustes trabajan en forma correcta sólo si la posición de cada bracket es exacta y el diente tiene el tamaño y la forma promedios.⁶⁶

“Andrews eligió el centro de la corona clínica como el punto de referencia horizontal y el eje longitudinal de la corona clínica (para incisivos, caninos y premolares o el surco bucal para la corona del primer y segundo molar) como referencia vertical. El recomendó que las aletas de los brackets gemelos deben ser colocados paralelos al eje longitudinal con el centro del slot del bracket sobre el centro de la corona clínica”.⁵⁰

Los errores en la colocación de los brackets sobre incisivos y molares en sentido horizontal no afecta significativamente a los dientes debido a que las superficies son planas, pero los caninos y premolares tienen sus superficies vestibulares más curvas “por lo tanto la precisión en sentido horizontal es más importante dado que estos errores producen rotaciones”.⁵¹

“Una visión incisal u oclusal de los caninos, premolares, molares e incisivos con un espejo bucal resulta útil para colocar los brackets en relación con el eje mayor de la corona clínica y se puede comprobar también la precisión horizontal” (figura 14).



Figura 14. La precisión horizontal se comprueba mejor con un espejo bucal.⁷⁸

Se debe evitar errores en la colocación en sentido axial porque las fallas en este sentido pueden provocar una inclinación incorrecta del diente, y la precisión vertical que es uno de los aspectos más difíciles de la colocación de los brackets también debe ser comprobada con los calibradores. Sin embargo, pueden existir dientes con discrepancias en la longitud, parcialmente erupcionados, hiperplasia gingival, etc. Que dificulten la colocación en sentido vertical y para esto se puede usar tablas recomendadas de colocación de brackets donde se prescribe medidas en mm para la colocación de cada uno de los brackets.⁵¹

2.5.2.5.3. AJUSTE

Una vez que se ha logrado la posición correcta del bracket se lo empuja firmemente contra la superficie del diente, este ajuste logra una unión resistente.⁵⁷

2.5.2.5.4. ELIMINACIÓN DE EXCESOS

Se debe eliminar los excesos de adhesivo que queden por fuera de la base del bracket, se lo debe realizar cuidadosamente para evitar el movimiento del bracket. También se puede eliminar luego del fotopolimerizado con fresas de carburo de tungsteno. El exceso de material adhesivo puede causar problemas periodontales, manchas, descalcificaciones, caries etc y por esta razón la importancia de este paso final.^{8,57.78}

2.6. Resina

Las resinas de restauración fueron introducidas a finales de los años cuarenta y principio de los años cincuenta y en un principio reunían las características de ser estéticas y durables para dientes anteriores, insensibles a la deshidratación y relativamente fáciles de manejar. Este

material comparado con las preexistentes para realizar obturaciones tiene características superiores.³⁹

Los primeros intentos para elaborar un material compuesto no fueron exitosos debido a que las partículas de relleno que se agregaron no tenían enlace químico con la resina matriz, presentaban defectos microscópicos entre las partículas retenidas mecánicamente y la resina que lo rodeaba dando como resultado que haya filtración de fluidos, pigmentación de la superficie, menor resistencia, fractura y pérdida de la restauración.³⁹

Kenneth menciona que Bowen, desarrolló un nuevo tipo de material compuesto que mejoró las características de la resina. Su innovación fue el bisfenol-Aglicidil metacrialto (bis-GMA) que es una resina de dimetacrilato y utilizó un silano que cubría las partículas de relleno para lograr el enlace químico de la resina.

Debido a sus propiedades de la matriz y el enlace del relleno de la matriz produjeron un material de restauración superior a las resinas acrílicas sin relleno.³⁹

2.6.1. Adhesión de bracket sobre resina

La ortodoncia en adultos frecuentemente requiere la adhesión de brackets sobre diferentes tipos de restauraciones dentales. “La fuerzas de unión que se obtiene con el agregado de composite nuevo a un composite maduro es sustancialmente menor que la fuerza cohesiva del material; sin embargo la adhesión de brackets a una superficie nueva asperezada de restauraciones de composite viejas parece ser satisfactoria clínicamente en la mayoría de los casos y también se podría utilizar un adhesivo o sellador”.⁸

En un artículo publicado por Sheldon menciona que la adhesión de brackets sobre superficies de composite o resinas compuestas son tan efectivas como aquellas realizadas sobre el esmalte con grabado ácido usando el sistema de resina de fotocurado y el uso de silano no produce un efecto estadísticamente significativo sobre la adhesión.⁵⁶

2.6.2. Procedimiento de adhesión de brackets sobre superficie de resina

Se sigue el mismo procedimiento que la adhesión de brackets sobre esmalte dental, pero se puede utilizar silano:

- Limpieza: con piedra pómez.
- Acondicionamiento de la superficie mediante el control de la humedad y el grabado ácido con ácido ortofosfórico por 60 segundos.
- Eliminación del ácido y secado de la superficie grabada.
- Se coloca una capa de silano y se lo deja secar y se le coloca luego el adhesivo.
- Adhesión.
 - Transferencia
 - Posicionamiento del bracket
 - Ajuste
- Eliminación de adhesivo residual y colocación de luz halógena.^{8,56}(ver pasos realizados para la adhesión sobre esmalte dental)

2.7. Amalgama

Es un tipo especial de aleación que está compuesto por mercurio el mismo que por ser líquido puede ser unido con otros metales que se encuentren en estado sólido.

La aleación de amalgama dental está compuesta por plata, cobre, estaño y otros elementos que son procesados en forma de partículas de polvo o como tabletas comprimidas (figura 15). Si se lo utiliza adecuadamente en la clínica, ésta puede durar un promedio de 12 a 15 años de permanencia en boca.³⁹

Una de las desventajas que presenta este material es que su parte estética dista de ser satisfactoria, pero si se toma en cuenta otros factores como su durabilidad y economía, esto puede ser secundario ya que la amalgama se utiliza en los dientes del sector posterior.¹²

Otro factor que se ha cuestionado por mucho tiempo es acerca de su biocompatibilidad principalmente a largo plazo debido a la corrosión progresiva que se ve afectado por el medio bucal y que puede ir acompañado de la desintegración de sus componentes especialmente del mercurio y de la plata.¹² Sin embargo nadie se ha sufrido de una enfermedad aguda inmediata después de la incorporación de obturación de amalgama.¹²

El éxito clínico de una restauración de amalgama “radica en la atención meticulosa a los detalles”, desde la preparación de la cavidad hasta que se pule la restauración ya que puede alterar las propiedades físicas y químicas de la amalgama.⁴⁰

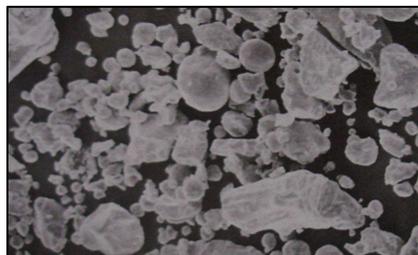


Figura 15. Polvo típico de una aleación mixta de amalgama de alto contenido en cobre que muestra las partículas de plata-estaño cortadas a tomo y las esferas de plata-cobre (500x).

Se debe tomar en cuenta la dosificación de mercurio –aleación. Para evitar los efectos no deseados del exceso de mercurio ya no se realiza la mezcla manualmente con mortero y pistilo para luego escurrir el mercurio, sino que se realiza la amalgamación mecánica que a más de ahorrar el tiempo va a estandarizar el procedimiento.⁴⁰

Las amalgamas modernas tienen una relación baja mercurio- aleación. La finalidad de la trituración es obtener una amalgamación apropiada y el objetivo de la condensación es compactar la amalgama en la cavidad preparada para conseguir la mayor densidad posible.⁴⁰

2.7.1. Adhesión de bracket sobre superficie de amalgama

Como ya hemos mencionado, hoy existe un gran número de pacientes adultos en ortodoncia quienes tienen una variedad de restauraciones dentales que gracias a los avances en las técnicas y materiales para la adhesión directa es posible adherir aditamentos ortodóncicos sobre superficies de amalgama.³¹

Una técnica que se utiliza para mejorar la adhesión sobre superficie de amalgama es realizando arenado o asperización de la superficie con piedra de diamante (figura 16, 17).

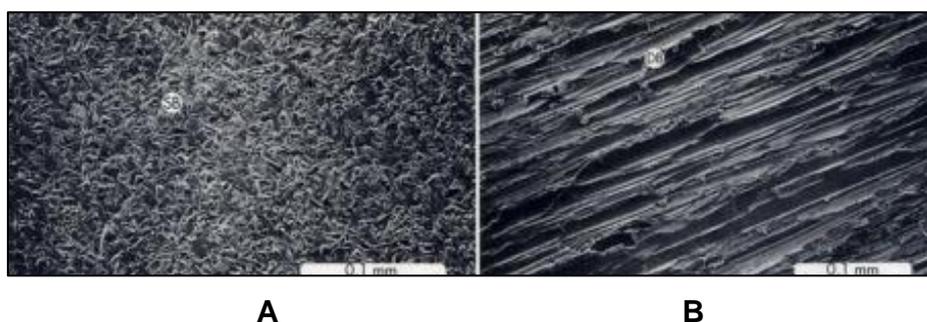


Figura 16. Fotografía tomadas con microscopio electrónico de barrido de una superficie metálica arenada. A) Arenada (Microetcher) durante 3 sg B) Asperizada con piedra de diamante; el uso de Microetcher (arenado) durante 3 sg que suministró retención micromecánica excelente.⁸

Como se observa en la figura 16 las crestas y los surcos periódicos producidos con el arenado tienen más socavados para la retención mecánica que la producida por una piedra de diamante de grano medio.⁸

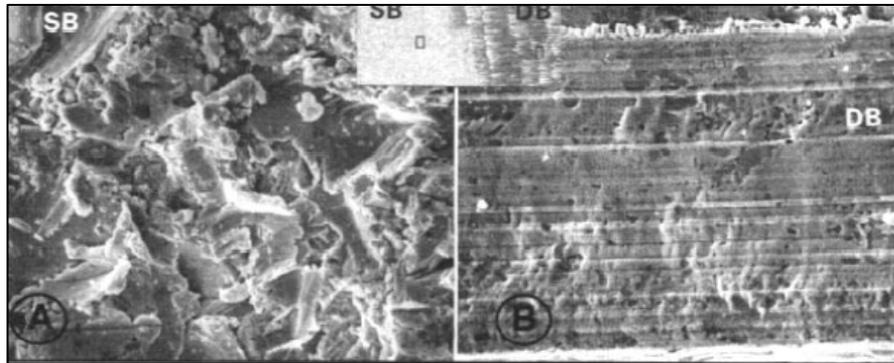


Figura 17. A y B: muestra la diferencia entre el área de amalgama arenada (SB sandblasted) y la asperezada con piedra de diamante (DB diamond bur).¹¹

Otra manera de mejorar la adhesión sobre la amalgama es mediante el uso de resinas intermedias como All- Bond 2, Enhance, Metal primer o mediante el uso de resinas adhesivas que se unen químicamente a los metales preciosos o no preciosos como las resinas 4 –META, 10- MDP bisGMA.^{10,11}

2.7.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre amalgama

El procedimiento que se realiza para la adhesión de los brackets va a depender si la restauración de amalgama es grande o pequeña y presenta esmalte sano a su alrededor.

En el caso de amalgamas con esmalte sano circundante se sigue los siguientes pasos:

1. Se arena durante 3 segundos la superficie de amalgama con óxido de aluminio de 50 μm .

2. Se debe acondicionar el esmalte que se encuentra alrededor de la amalgama con ácido fosfórico al 37% durante 15 a 30 segundos.
3. Finalmente se aplica sellador y se realiza la adhesión con Concise o resina de composite similar y percatarse que el bracket no tenga interferencias con la oclusión de sus antagonistas.⁸

En el caso de restauraciones de amalgama más grandes donde la base del bracket irá adherida solo sobre amalgama, la adhesión se realiza de la siguiente manera:

1. Se arena durante 3 segundos la obturación de amalgama con óxido de aluminio de 50 um
2. Luego se aplica una capa de Reliance Metal Primer y se espera 30 segundos o se puede utilizar otro primer que sea comparable a las instrucciones del fabricante
3. Se aplica el sellador y finalmente se adhiere con Concise o resina composite similar y asegurarse que el bracket no tenga oclusión con los antagonistas.^{8,10}

Cuando se va a despegar los brackets, la superficie de amalgama se la vuelve a pulir con copas de goma y puntas.

En un estudio realizado por Björn obtuvo que la adhesión más fuerte sobre la amalgama fue donde utilizó Superbond C&B que fue significativamente más fuerte que la usada con Panavia Ex y Concise, y la adhesión con Concise fue mejorada su se aplicaba All-Bond 2 A+B. Y la superficie de amalgama arenada producía adhesión más fuerte que la preparada con piedra de diamante aunque estadísticamente no había significancia.¹¹

2.8. Porcelana

La porcelana es una cerámica vítrea (matriz de vidrio y una o más fases de cristal producidas por nucleación y crecimiento de los cristales en el vidrio) basada en una red de sílice y feldespato de potasio. Se le añade pigmentos, opacadores y vidrios para controlar la temperatura de fusión, temperatura de compactación, coeficiente de contracción térmica y la solubilidad.³⁹

“La cerámica de vidrio en base a fluorapatita reforzada con leucita IPS d. SIGN es una cerámica innovadora”; ha sido creada siguiendo las referencias de las características más importantes del diente natural. “Un diente natural tiene componentes inorgánicos que son cristales de apatita que están incorporadas en los grupos de hidrófilo y en parte en los grupos de carbonato. La cerámica de vidrio de fluorapatita reforzada con leucita IPS D. SIGN, en cambio contiene iones de flúor que confiere a IPS d. SIGN una elevada resistencia química”. Este material ofrece también un mejoramiento en el brillo, luminosidad, mejor estabilidad cromática y una fluorescencia natural.³⁶

La porcelana difiere de otros materiales como los metales o las resinas acrílicas por sus propiedades químicas, mecánicas, físicas y térmicas. “Las propiedades de las porcelanas están diseñadas a medida para las aplicaciones dentales con un control preciso del tipo y cantidad de los componentes usados en su fabricación. Las porcelanas son más resistentes a la corrosión que los plásticos y los metales son mucho más duros que los plásticos y las porcelanas”.⁴⁰

Las porcelanas dentales son estructuras no metálicas, inorgánicas y están compuestas principalmente de oxígeno con uno o más elementos metálicos o semimetálicos como aluminio, calcio, magnesio, fósforo. Potasio, silicio, sodio, titanio y zirconio. Son muy raras las estructuras compuestas por un solo elemento. Existen porcelanas que contienen una fase cristalina y otra de vidrio que dependerá de la estructura del sílice.⁴⁰

En odontología la porcelana se utiliza para rehabilitar la función al colocar coronas o puentes, como restauraciones de caries o en incrustaciones, y en estética para carillas en el sector anterior dentario. La porcelana dental tiene una gran ventaja respecto a su biocompatibilidad, estabilidad de color a largo plazo, resistencia al desgaste y su capacidad de ser conformadas de distintas formas.⁴⁰

La porcelana por ser un material con resistencia tensil baja y por su fragilidad generalmente se le funde sobre una base o sustrato metálico para incrementar la resistencia a la fractura, sin embargo el metal puede afectar la estética porque disminuye la transmisión de la luz a través de la porcelana o por las reacciones que alérgicas que pueden presentar algunos pacientes se ha desarrollado también el sistema de cerámica pura.³

Existen algunos tipos de porcelana como la alumínica establecida en 1965 y que aún está en uso y está compuesto por porcelana feldespática con óxido de aluminio que incrementa la resistencia y temperatura de cocción por lo que pueden ser utilizadas para reemplazar la subestructura metálica.³

En odontología existen tres tipos de compuestos para la porcelana que dependerá de su aplicación: porcelana de alta temperatura que son una mezcla de polvos de feldespato, arcilla y cuarzo para dientes de dentadura o placas; porcelana feldespática (feldespato potásico y vidrio) para aplicación cerámico metálica (figura 18) y porcelana alumínica para restauraciones íntegras de porcelana (carillas, incrustaciones, coronas).³

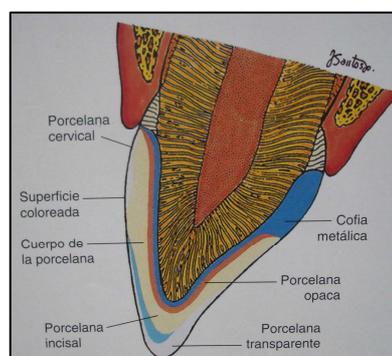


Figura 18. Corte transversal de una corona metal-cerámica.⁴⁰

2.8.1. Adhesión de bracket sobre superficie de Porcelana

Es muy importante hoy en día la estética en odontología por lo que es muy común ver pacientes adultos para tratamientos de ortodoncia con restauraciones de porcelana y metal- porcelana.⁷² “La mayor parte de las coronas, puentes y veneers dentales de cerámica y metalcerámicos se fabrican con diferentes porcelanas feldespáticas que contienen 10-20% de óxido de aluminio aunque también puede hacerse porcelana de alta alúmina y vitrocerámica”.⁸

Cuando se presentaban estos casos, hasta hace algunas décadas el único procedimiento para colocar aditamentos era con el uso de bandas adaptadas y cementadas pero gracias al cementado directo y a los materiales que hoy existe también se puede colocar aditamentos ortodóncicos sobre superficies de porcelana de forma directa y que ayuda en ciertos casos donde era imposible colocar bandas como en un puente de porcelana.^{62, 10}

El grabado ácido convencional para el esmalte es ineficaz para la preparación de superficies de porcelana para la retención de brackets; se ha comprobado que la adhesión sobre porcelana glaseada mejora si ésta se hace áspera y si se coloca silano y si se utiliza una resina de alto contenido de relleno.^{72, 85}

También se demostró en un estudio realizado in Vitro por Dra. Palacios que la técnica más adecuada para preparar la superficie de porcelana es grabar con ácido fluorhídrico (HF) al 9,6% por 2-4 minutos y luego aplicar silano (figura 19).^{62,10}

Algunos autores mencionan que el uso de silano luego del arenado de la porcelana o luego del grabado no influye significativamente sobre la fuerza de unión.⁸ En un estudio realizado por Björn menciona que el grabado sobre porcelana glaseada o vidriosa produce menos prominencias

micromecánicas que el grabado ácido sobre porcelana arenada con óxido de aluminio.¹⁰

La adhesión del bracket sobre la porcelana también depende del tipo de porcelana; por ejemplo, la mayoría de porcelanas fundidas sobre coronas o puentes de metal, sobre coronas jacket son hechas a base de porcelana feldespática en la mayoría de los casos.⁸⁶

La porcelana feldespática contiene poca o una cantidad promedio de óxido de aluminio comparada con otro tipo de porcelanas. En estudios realizados in Vitro se ha demostrado que el ácido fluorhídrico mejora la adhesión en porcelanas feldespáticas pero no en aquellas que contienen altas cantidades de aluminio. Aparentemente el alto contenido de óxido de aluminio mejora la adhesión de la porcelana y la hace más resistente al ataque químico, por lo tanto reduce el efecto del grabado del ácido fluorhídrico.⁸⁶

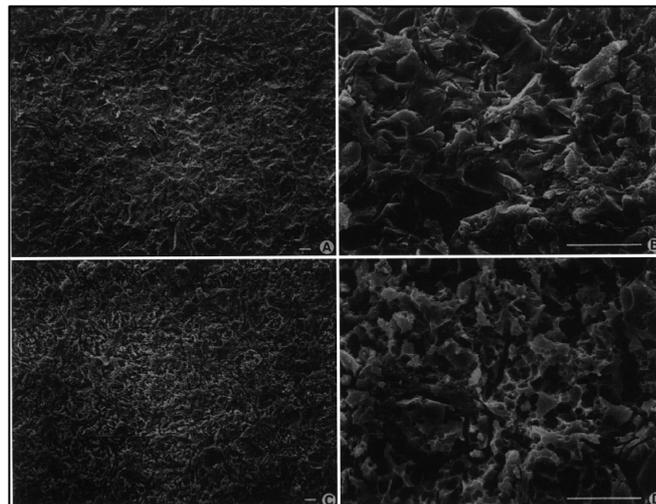


Figura 19. Fotografías con microscopio electrónico del arenado de superficie de porcelana. A y B más la colocación de ácido fluorhídrico. C y D superficie de porcelana feldespática donde se ve el aumento de la retención micromecánica. Magnificaciones originales: A y C x 300; B y D x 2000. Bar es 10 μm .⁸⁶

Hay que tener cuidado en la adhesión de los brackets sobre estas superficies y es recomendable hacerlo separada de la de otros dientes, con

un aislamiento cuidadoso del área de trabajo porque el grabado produce microporosidades sobre la superficie de porcelana que puede lastimar a los tejidos.⁶²

La unión entre la porcelana y la resina puede ser una preocupación en el momento de despegado porque puede dañar la superficie de porcelana, sin embargo la fuerza aplicada para despegar brackets en el laboratorio no es la misma que se aplica en la clínica por lo que el despegado de los brackets no debería ser un riesgo si se aplica una técnica manual correcta y cuidadosa.⁸⁶ Por esta razón también hay muchas diferencias entre las opiniones acerca del arenado sobre la porcelana ya que se afecta el contorno, color y calidad de la porcelana aunque ahora existen instrumentos que permiten pulir nuevamente la superficie de la porcelana luego de retirar el bracket.¹⁰

2.8.2. Procedimiento de adhesión de bracket sobre porcelana

Se aconseja la siguiente técnica:

1. Aislar completamente el campo de trabajo y de preferencia realizar su adhesión separada de otros dientes.
2. Arenar la superficie de porcelana para desglasear un área que sea más grande que la base del bracket con óxido de aluminio de 50 μm durante 3 segundos.
3. Grabar la superficie con ácido fluorhídrico al 9,6% durante 2 minutos.
4. Eliminar cuidadosamente el ácido con rollos de algodón y luego lavarlo con alto volumen de aspiración.
5. Secar el área inmediatamente y adherir el bracket con resina bisGMA con alto relleno como el Concise, se puede colocar el silano antes de la adhesión (opcional).^{8, 10}

En el caso de colocar silano se puede aplicar dos o tres capas.¹⁰

3. JUSTIFICACIÓN

Muchos pacientes adultos e inclusive adolescentes presentan restauraciones de amalgama, resina o incluso porcelana generalmente en molares. Hasta hace poco era inconcebible aceptar clínicamente que se podía lograr una buena adhesión sobre superficies que no sean esmalte, especialmente en la región molar inferior.^{8, 78}

Pero gracias a los avances recientes en materiales estéticos y a la tecnología, cada vez son más los adultos que solicitan un tratamiento ortodóncico, por lo que el ortodoncista se enfrenta con el reto de adherir los aditamentos sobre superficies dentales restauradas con porcelana, resina o amalgama.

Por esta razón es importante dominar las diferentes técnicas adhesivas recomendadas para adherir los brackets sobre las diferentes superficies (adamantina y no adamantinas) y saber escoger de entre tantos materiales existentes hoy en día en el mercado, el que nos proporcione mayores ventajas para conseguir resultados óptimos.

Para este estudio se seleccionaron dientes humanos que fueron usados como grupo control. Se decidió usar premolares extraídos por prescripción ortodóncica debido a la facilidad de su recolección.

Y para escoger el material para la adhesión se hizo una encuesta informal a varios ortodoncistas de la ciudad de Quito con el objeto de conocer cual de todos los materiales adhesivos para ortodoncia disponibles en el mercado de Quito eran los más empleados. Así, el adhesivo escogido para este estudio fue la resina de fotocurado “Enlight” de la Casa comercialOrmco.

Los brackets usados fueron los “Master/ Mini Master Series” slot 0.022, prescripción Roth de la casa comercial AO (American Orthodontics) por varios motivos: disponibilidad en el mercado, de acuerdo a encuestas informales realizadas a ortodoncistas, costo, y facilidad de adquisición de brackets individuales para premolares superiores, ya que era necesario estandarizar la muestra.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General:

Evaluar el comportamiento y la resistencia frente a pruebas de tracción que tiene la resina de fotocurado para adhesión de brackets metálicos sobre las superficies de resina, amalgama y porcelana.

4.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar mediante pruebas de tracción la resistencia adhesiva de una resina de fotocurado aplicadas en la adhesión de brackets metálicos sobre superficies de amalgama, utilizando las técnicas adecuadas y recomendadas.
- Evaluar mediante pruebas de tracción la resistencia de una resina de fotocurado aplicada en la adhesión de brackets metálicos sobre superficie de resina utilizando el procedimiento recomendado.
- Evaluar mediante pruebas de tracción la resistencia de una resina de fotocurado aplicada en la adhesión de brackets metálico sobre superficie de porcelana siguiendo los procedimientos recomendados para la misma.
- Determinar cuál de las superficies analizadas permiten valores de tracción más altos y más bajos utilizando resina de fotocurado y técnicas de adhesión indicadas y recomendadas por el fabricante para cada uno.

- Comparar el comportamiento de la adhesión de los brackets metálicos sobre el grupo control (esmalte) con cada uno de los otros grupos (resina, amalgama, porcelana) utilizando resina de fotocurado bajo las técnicas adecuadas y recomendadas por el fabricante.

6. HIPÓTESIS

La superficie de esmalte ofrece la mayor adhesión al bracket metálico utilizando resina de fotocurado al compararlo con superficies de materiales de restauración como la resina, amalgama y porcelana, y entre estas superficies no naturales la resina es la que ofrece una mejor adhesión frente a fuerzas de tracción.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio in-Vitro controlado para observar el comportamiento que tiene la adhesión de un bracket metálico con resina de fotocurado sobre diferentes superficies. Para el estudio se obtuvo 48 muestras; las mismas que fueron divididas en 4 grupos. Cada grupo consta de 12 muestras.

6.2. Muestra

Las 48 muestras se dividieron en 4 grupos de 12 dientes cada uno. El primero fue el grupo control compuesto de 12 premolares humanos superiores.

Para el segundo, tercero y cuarto grupo se usaron 36 dientes artificiales de ivorina divididos en 12 dientes respectivamente para cada grupo, sobre cada uno de estos se realizó restauraciones para obtener las muestras de superficie artificial. El segundo grupo fue la de superficie de resina, el tercer grupo fue la de superficie de amalgama y finalmente el cuarto grupo fue el de superficie de porcelana.

6.3. Metodología

La investigación se realizó en tres fases:

FASE I: Preparación de las muestras

FASE II: Adhesión de los brackets metálicos en los diferentes grupos

FASE III: Prueba de Tracción

6.3.1. Fase I: Preparación de las muestras

6.3.1.1. Grupo 1 (Esmalte)

Para el primer grupo considerado control; se escogieron 12 premolares superiores de humanos, sin patología dental, pulpar y que hayan sido extraídos por motivos ortodóncicos de tres centros odontológicos de la ciudad de Quito entre agosto y noviembre del 2008. Una vez extraídos los dientes se lavaron con agua a chorro para remover el tejido periodontal remanente y se los depositó en un recipiente estéril de vidrio con solución salina al 0.9% y se los mantuvo almacenados en el mismo a temperatura ambiente hasta antes de la cementación de los brackets (aproximadamente un mes y medio).

Debido a las diferentes curvaturas que pueden presentar los premolares se escogió a aquellos que tengan curvaturas similares. Para esto se utilizó un paralelógrafo y la curva dibujada se sobreponía sobre las otras para comparar su similitud (figura 20).



Figura 20. Paralelógrafo.

6.3.1.2. Grupo 2 (RESINA) y Grupo 3 (AMALGAMA)

Se utilizaron 24 dientes artificiales de ivorina (premolares superiores) (Figura 21) y previo a la realización de las cavidades para la colocación de los respectivos materiales restauradores se confeccionó un molde hecho

con una película radiográfica periapical. Todos los procedimientos fueron realizados por el mismo operador.



Figura 21. Dientes artificiales de ivorina.

Para la confección del molde se obtuvo primero las medidas de la superficie de la base del bracket metálico con un calibrador, el mismo que fue de $14,43 \text{ mm}^2$ ($3,70\text{mm} \times 3,85\text{mm}$) (figura 98). El molde se lo fabricó con medidas un poco más grandes a la superficie del bracket, y fue de $4,5\text{mm} \times 4,5\text{mm}$ (figura 22).

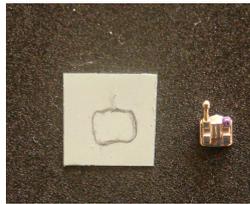


Figura 22. Molde hecho de radiografía periapical.

Usando el molde se dibujó con un lápiz sobre cada superficie vestibular de los dientes artificiales el área correspondiente a la cavidad (figura 23). Previo a esto se señaló sobre la cara vestibular de cada diente un punto para estandarizar la ubicación de la cavidad. El punto se lo señaló midiendo con un posicionador de brackets desde la punta de la cúspide del premolar hacia el centro de la cara vestibular, la medida fue de 4 mm (figura 24).



Figura 23. Área dibujada con lápiz sobre superficie vestibular.

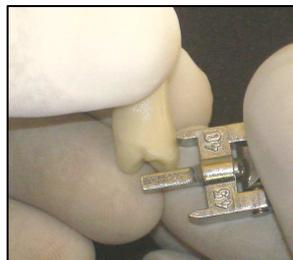


Figura 24. Ubicación del centro de la corona con el posicionador de brackets.

Y para estandarizar la profundidad de la cavidad se utilizó una lima de endodoncia con tope, todas las cavidades fueron hechas con 3 mm de profundidad (figura 25); y se utilizó una fresa de diamante de cono invertido y en forma de pera (figura 26).



Figura 25. Medición de la profundidad de las cavidades con lima de endodoncia.



Figura 26. Realización de las cavidades con fresa de diamante.

Una vez terminada la confección de las 24 cavidades, se hizo retenciones en cada cavidad con fresas de diamante de punta fina debido a que la superficie no era natural. En el caso de dientes naturales se prepara la superficie con ácido fosfórico, sin embargo en este caso se decidió realizar una retención mecánica más grande que asegure una adhesión fuerte entre las restauraciones (resina, amalgama) y el diente de ivorina de tal manera que en el momento de hacer la prueba de tracción del bracket no se desprenda la restauración. Finalmente se separó en dos grupos: 12 dientes de ivorina para colocar la resina y las otras 12 para la colocación de la amalgama.

6.3.1.2.1 Colocación de resina de restauración:

Se utilizó el restaurador universal 3M ESPE Fitek™ Z350, de color A1 y el adhesivo de la misma casa comercial Adper™ Single Bond 2 y el ácido fosfórico también de la 3M ESPE, todos los productos fueron nuevos (figura 27).



Figura 27. Resina, adhesivo y ácido 3M ESPE usados para la confección de las superficies de resina.

En cada una de las 12 muestras seguimos el mismo procedimiento de adhesión recomendado por el fabricante de la resina:

- Se lavó la superficie con agua y la secamos con jeringa triple.
- Se colocó ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos (figura 28).
- Lavar y secar nuevamente (figura 29).
- Se puso adhesivo sobre toda la cavidad con un aplicador nuevo para cada cavidad (la tapa del adhesivo fue recolocada inmediatamente después de cada aplicación para evitar la evaporación del solvente) (figura 30).
- Se colocó luz halógena durante 20 segundos. (figura 31).
- Finalmente se fue colocando la resina capa por capa y fotocurando durante 20 segundos por cada capa (figura 32). Se utilizó la misma lámpara en todas las restauraciones con una intensidad de onda de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ confirmada con un radiómetro (figura 76).⁴⁰
- Para el acabado y pulido como lo recomienda el fabricante y otros como Phillips.⁴⁰ Primero para el ajuste de la restauración se utilizó fresas de carburo, luego piedra de Arkansas blancas (figura 33), ambas se usaron con alta velocidad refrigerada con agua. Y con baja velocidad se pasó sobre la resina discos de abrasivo grueso, medio, fino y ultrafino (shofu, super snap) en el orden mencionado para conseguir un buen pulido y brillo, también se utilizó las piedras de astropol. (figura 34, 35).

- La restauración mantuvo la misma curvatura de la superficie vestibular del diente de ivorina y lo comprobamos con el paralelógrafo.

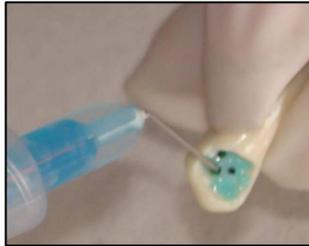


Figura 28. Colocación de ácido fosfórico en la cavidad de diente de ivorina.



Figura 29. Lavado y secado de la cavidad de diente de ivorina.

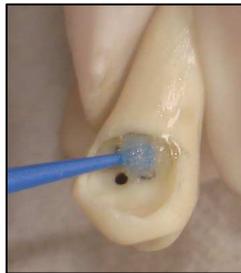


Figura 30. Colocación de adhesivo halógeno.



Figura 31. Colocación de luz



Figura 32. Colocación de la resina. con



Figura 33. Acabado de la restauración piedra de arkansas.

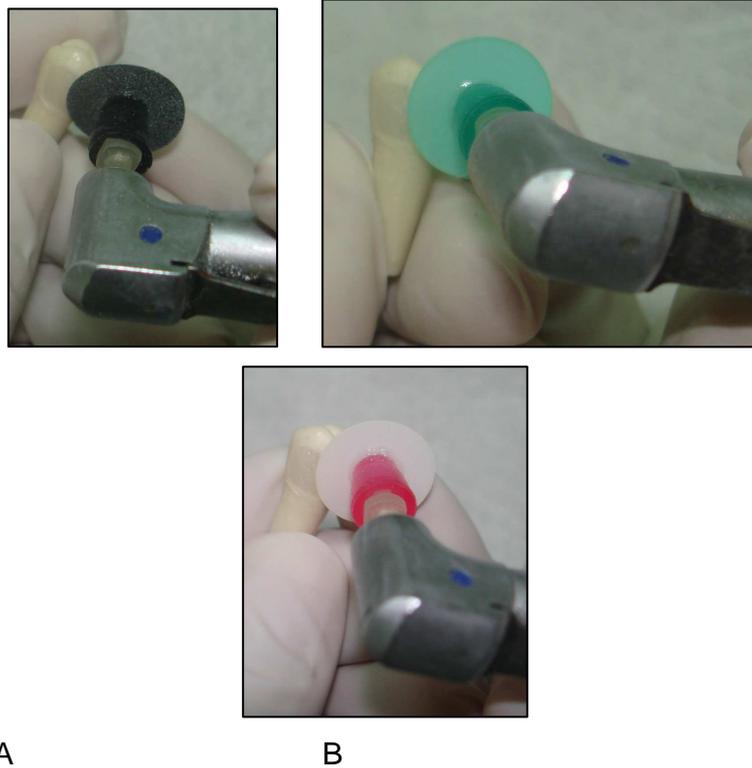


Figura 34. Pulido de la restauración de resina con discos shoufu súper snap. A. Disco grano grueso. B. Disco Grano medio. C. Disco grano fino.



Figura 35. A. Astropol de la Casa Comercial Ivoclar Vivadent. B. Pulido de la restauración de resina con piedras de astropol.



Figura 36. Muestra de superficie de resina terminada.

6.3.1.2.2. Colocación de la restauración de amalgama:

Usamos la aleación de amalgama de la Casa Comercial 3M ESPE predosificada en cápsula (figura 37); en cada una de las 12 muestras seguimos el mismo procedimiento para la colocación de amalgama recomendada por el fabricante:

- Se lavó y secó el área de la cavidad con jeringa triple.
- Se prepara la amalgama en un dispensador (amalgamador) (figura 38).
- Transportamos la amalgama con un porta amalgama hacia la cavidad (figura 39).
- Y con un atacador condensamos la amalgama contra las paredes de la cavidad (figura 40).
- Luego de la condensación le bruñimos ligeramente (figura 41).
- Ya que el bruñido no proporciona por si sola una superficie libre de retenciones⁴⁰, al día siguiente se realizó el pulido de las amalgamas con pieza de baja velocidad. Se utilizó piedras verdes (figura 42) y una punta de goma marrón para el acabado y brillo. (figura 43).
- Finalmente comprobamos con el paralelógrafo que no haya variado los grados de la curvatura de la superficie vestibular.



Figura 37. Cápsulas de amalgama.



Figura 38. Amalgamador.

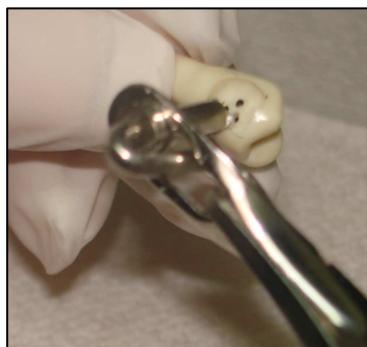


Figura 39. Colocación de amalgama
amalgama.
con un porta amalgama.



Figura 40. Condensación de la
amalgama.



Figura 41. Bruñición de la amalgama.
verde.



Figura 42. Pulido de la amalgama con piedra
verde.



Figura 43. Pulido y brillo de la amalgama con punta de goma marrón.



Figura 44. Muestra de la superficie de amalgama terminada.

6.3.1.3 Grupo 4 (PORCELANA)

Para obtener la muestra de 12 superficies de porcelana se decidió confeccionar 3 coronas de metal porcelana y que cada una de ellas tenga sus cuatro caras libres con una morfología de caras vestibulares.

Se decidió usar porcelana de nanofluorapatita, y las 12 muestras de este grupo (coronas metal porcelana) fueron confeccionadas en Laboratorio Dental Prolab, Quito. El tallado para las coronas se realizó sobre dientes preformados de ivorina de la siguiente manera:

- Caras libres y proximales (fresa cónica de punta redonda de diamante), se talló 1 mm (figura 45).
- Cara oclusal con una fresa de diamante en forma de balón de grano grueso aproximadamente, 1.8 mm de desgaste (figura 46).
- Pulido de la preparación con fresa cónica de grano fino.

6.3.1.3.1. Procedimiento:

- Sobre las preparaciones se colocó el espaciador para yeso Pico Fit (Renfert) (figura 48).
- Luego se colocó el separador del patrón de cera (Whip-Mix) (figura 49).

- A continuación se enceró (Dipp Wax Whip-Mix) las cofias sobre las preparaciones (figura 50) y cera para sellado (figura 51).
- Las cofias se colocaron en aro metálico y fue vertido el revestimiento de sílice (Hi Temp Whip-Mix) (figura 52, 53).
- Después de fraguado el revestimiento, el aro fue colocado en horno de desencerrado (Vulcan Ney) a 900 grados centígrados por 45 minutos (figura 54).
- Posteriormente colocó una cápsula de aleación metálica (IPS d. Sign 15) en el crisol de la centrífuga y se usó soplete para su fundición (aprox. 1.300 grados). Inmediatamente se traspasó el cilindro del horno a la centrífuga y se coló el metal (figura 55).
- Después de enfriado el aro, se recuperó el colado mediante arenado, y se limpió de impurezas y se eliminaron los bebederos (figura 56).
- Se calibró la cofia, se arenó y se oxidó mediante ciclo de oxidación en horno (Centurion Ney Densplay) (figura 57).
- Después de acabado el proceso de oxidación, se colocó el opacador de metal (Opaquer IPS d. Sign) y se realizó el ciclo de cocción de opacador (Centurion Ney Densplay) (figura 58).
- Finalizado el ciclo de cocción de opacador se colocaron las masas de cerámica de dentina y esmalte y se realizó el ciclo de cocción de masas de dentina y esmalte (Centurion Ney Densplay) (figura 59).
- Luego de este proceso, se realizaron ajustes de la restauración con pieza de mano de baja velocidad y fresas de diamante de grano fino, se colocó el glaze (Glaze IPS d.Sign) y se realizó el ciclo de cocción de glaseado (Centurion Ney Densplay) (figura 60).



A



B

Figura 45. A y B Tallado de caras libres y proximales.



Figura 46. Tallado de cara oclusal.



Figura 47. A y B Tallado terminado de las coronas.



Figura 48. Colocación de separador de yeso.
patrón

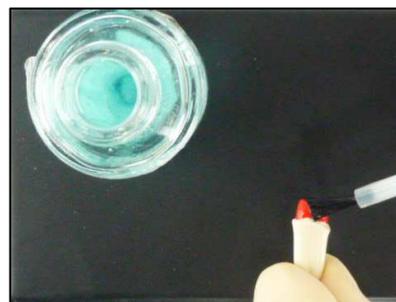


Figura 49. Colocación se separador de
de cera.

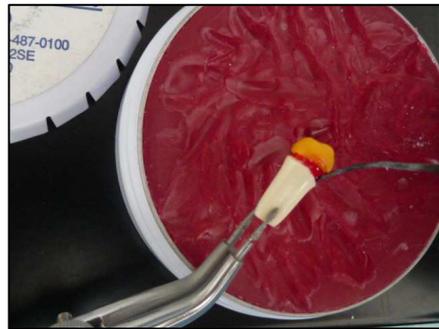


A



B

Figura 50. A. y B. Encerado de las cofias.



A



B

Figura 51. A y B Colocación de cera para el sellado.



A



B

Figura 52. Colocación en el aro metálico.

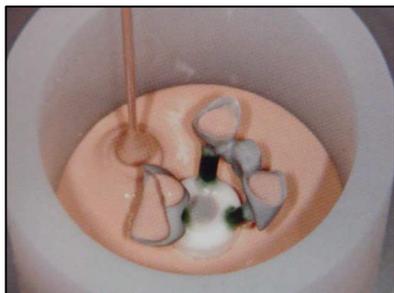


Figura 53. Vaciado del revestimiento.

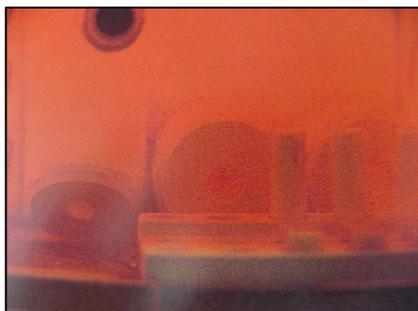


Figura 54. Cilindro en el horno



Figura 55. Colado del metal.



Figura 56. Arenado.

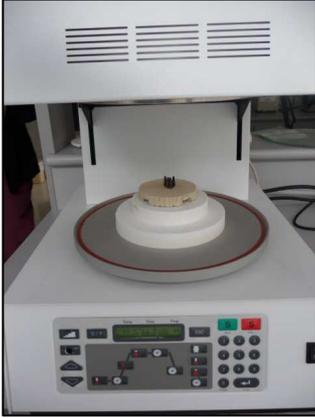


Figura 57. Horno metal-porcelana.
Opacador.



Figura 58. Colocación



Figura 59. Colocación porcelana.



Figura 60. Colocación Glaze.

Una vez terminada la confección de las coronas de porcelana se procedió a pegarlas sobre los dientes preformados de ivorina. Se decidió utilizar un pegamento de cianoacrilato de marca “La bruja” de tal manera que nos asegure una buena adhesión para que al momento de realizar las pruebas de tracción no se despeguen las coronas de los dientes de ivorina.

Finalmente a todos los dientes de cada grupo se los colocó sobre una base deacrílico de 1 cm x 1 cm manteniendo la superficie vestibular de los dientes perpendicular a la base de los cubos deacrílico (figura 62). Para obtener los cubos deacrílico se fabricó un molde hecho a base de metal y fue hecho con ayuda de un cerrajero (figura 61). Esta base era necesaria para realizar las pruebas de tensión, porque cada diente debía ser sujetado a través de mordazas neumáticas de la máquina de pruebas universales de fuerza.

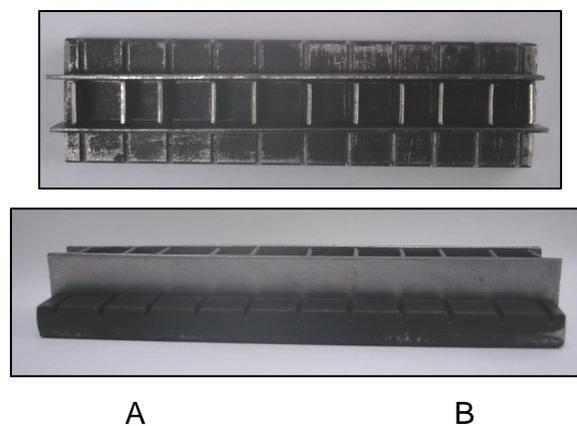


Figura 61. Molde de metal para hacer los cubos deacrílico. A. Vista superior B. Vista Lateral.

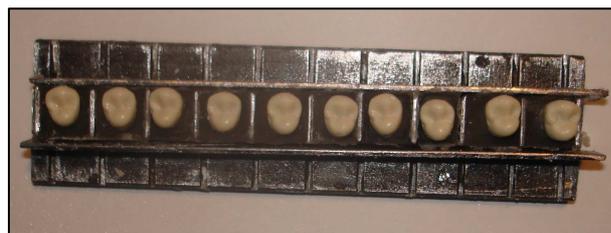


Figura 62. Colocación de los dientes conacrílico sobre el molde de metal.

6.3.2. Fase II: Adhesión de los brackets metálicos

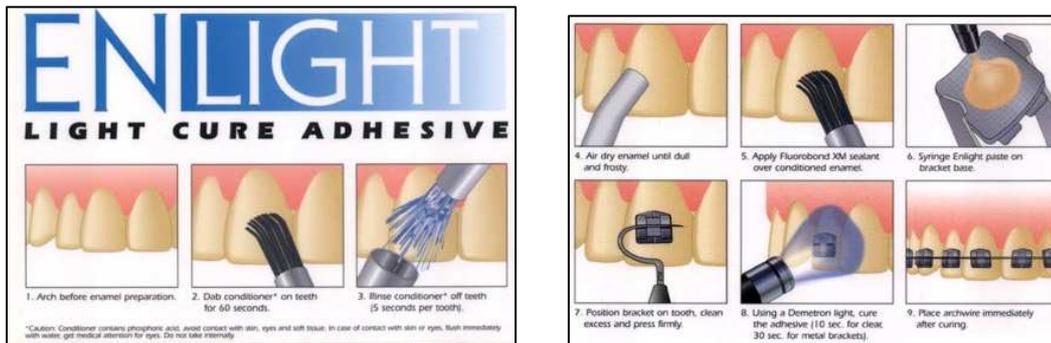
Para la adhesión de los brackets metálicos sobre los 4 grupos se utilizó la misma resina de fotocurado “ENLIGHT (sdsOrmco, CA, USA)”, ácido fosfórico y adhesivo OrthoSolo; todos eran productos nuevos (figura 63, 64.)



A

B

Figura 63. A. y B. Instrucciones de uso del adhesivo OrthoSolo.⁶⁹



A

B

Figura 64. Instrucciones de uso de la resina “Enlight”.⁶⁹

Los brackets seleccionados para el estudio fueron los “Master/ Mini Master Series” slot 0.022, prescripción Roth de la casa comercial AO (American Orthodontics) (figura 65).

Entre las características de este bracket es que presentan una malla de calibre 80 + base fotograbada que aumenta la retención mecánica de las mallas (figura 66).



Figura 65. Brackets "Master/ Mini Master Series" slot 0.022, prescripción Roth de la casa comercial AO (American Orthodontics).

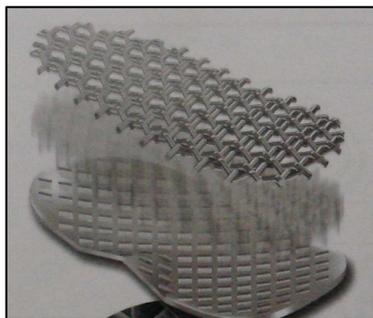


Figura 66. Mallas de la base del bracket "Master/ Mini Master Series".⁵

6.3.2.1. Grupo 1 (ESMALTE)

Para el procedimiento de adhesión sobre superficie de esmalte se realizó según las indicaciones y recomendaciones encontradas en la revisión bibliográfica y del fabricante con el sistema ENLIGHT (sds Ormco, CA, USA).^{8,56,69,78}

- Se realizó profilaxis a baja velocidad con un cepillo profiláctico y piedra pómez y agua durante 10 segundos.
- Se enjuagó con agua a chorro durante 10 segundos y secamos cada diente con una jeringa de aire.
- Se colocó ácido fosfórico al 37 % por 30 segundos (figura 67) y se enjuagó a chorro durante 5 segundos y fueron secados nuevamente con la jeringa triple hasta que la superficie esté blanca y opaca (figura 68).
- Se aplicó una capa de adhesivo “Ortho Solo” con un aplicador de esponja nuevo para cada diente, la tapa del adhesivo fue recolocada inmediatamente después de cada aplicación para evitar la evaporación del solvente (figura 69).
- Se pasó aire levemente para dejar una capa uniforme de adhesivo y se puso luz halógena durante 5 segundos (figura 70). La lámpara fue calibrada con una intensidad de onda de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ confirmada con un radiómetro (figura 76).⁴⁰
- Luego se colocó adhesivo sobre la base del bracket (figura 71) y una ligera cantidad de resina ENLIGHT sobre la base del bracket (figura 72), y se llevó a su posición en el centro de la corona de los dientes con ayuda de un posicionador (figura 73).
- Una vez colocado en su posición se presionó el bracket contra la superficie vestibular y se retiró el exceso de resina con un explorador y se verificó que la posición del bracket no se haya movido.(figura 74).
- Finalmente fueron fotocurados con lámpara de luz halógena, 15 segundos por mesial y 15 segundos por distal (figura 75).



Figura 67. Colocación de ácido fosfórico sobre esmalte. Figura 68. Lavado y secado del esmalte.

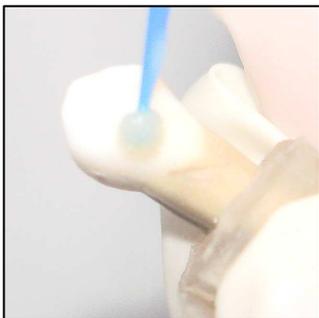


Figura 69. Colocación de adhesivo sobre esmalte. halógena.



Figura 70. Colocación de luz halógena.

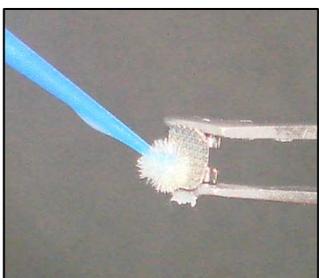


Figura 71. Aplicación de adhesivo sobre la base del bracket.

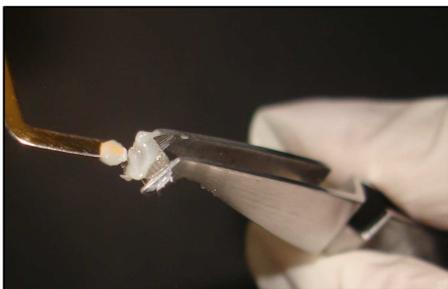
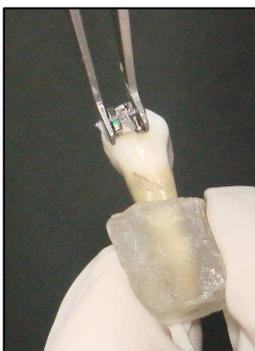


Figura 72. Aplicación de resina sobre la base del bracket.



A



B

Figura 73. A. Transporte de bracket la pinza portabacket. B. Ubicación del bracket con el posicionador.

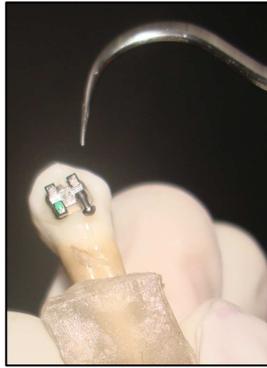


Figura 74. Retiro de excesos de resina. halógena.



Figura 75. Colocación de luz



Figura 76. Radiómetro.

6.3.2.2. Grupo 2 (RESINA)

El procedimiento también se lo realizó según los datos obtenidos en la revisión bibliográfica:⁸

- Se realizó profilaxis a baja velocidad con un cepillo profiláctico y piedra pómez y agua durante 10 segundos.
- Se enjuagó con agua a chorro durante 10 segundos y secamos cada diente con una jeringa de aire.
- Se colocó ácido ortofosfórico al 37 % por 60 segundos (figura 77) y se enjuagó a chorro durante 5 segundos (figura 78) y fueron secados

nuevamente con la jeringa triple hasta que la superficie esté blanca y opaca.

- Luego se aplicó silano (figura 89) y se lo dejó secar e inmediatamente se procedió a colocar una capa de de adhesivo “Ortho Solo” con un aplicador de esponja nuevo para cada diente (figura 79), la tapa del adhesivo fue recolocada inmediatamente después de cada aplicación para evita la evaporación del solvente.
- Se pasó aire levemente para dejar una capa uniforme de adhesivo y se puso luz halógena durante 5 segundos. Se calibró la luz con una intensidad de onda de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ confirmada con un radiómetro.⁴⁰
- Luego se colocó adhesivo sobre la la base del bracket y una ligera cantidad de resina ENLIGHT sobre la base del bracket (figura 80), y se llevó a su posición en el centro de la corona de los dientes con ayuda de un posicionador (figura 81).
- Una vez colocado en su posición se presionó el bracket contra la superficie vestibular y se retiró el exceso de resina con un explorador verificando que el bracket no se haya movido de la posición colocada.(figura 82).
- Finalmente fueron fotocurados con lámpara de luz halógena, 15 segundos por mesial y 15 segundos por distal (figura 83).



Figura 77. Colocación de ácido fosfórico sobre superficie de resina.



Figura 78. Lavado y secado de superficie de resina.



Figura 79. Aplicación de silano sobre la resina

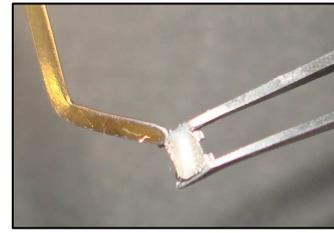


Figura 80. Colocación de resina sobre la base del bracket.

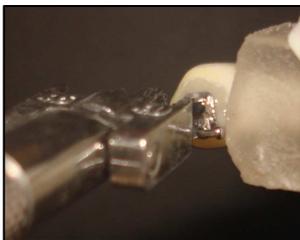


Figura 81. Ubicación del bracket sobre superficie de resina.



Figura 82. Retiro de los excesos de resina.

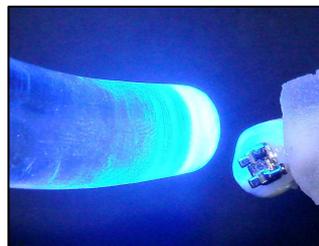


Figura 83. Aplicación de luz halógena.

6.3.2.3. Grupo 3 (AMALGAMA)

- Se realizó profilaxis a baja velocidad con un cepillo profiláctico y piedra pómez y agua durante 10 segundos.
- Luego se lavó con agua a chorro durante 10 segundos y secamos cada diente con una jeringa de aire.

- Se arenó durante 3 segundos la obturación de amalgama con óxido de aluminio de 50 μm (en una cabina de laboratorio). Se lavó y se secó nuevamente. (figura 84).
- Luego se aplicó el sellador “Ortho Solo” (figura 85), la tapa del adhesivo fue recolocada inmediatamente después de cada aplicación para evitar la evaporación del solvente.
- Se pasó aire levemente para dejar una capa uniforme de adhesivo y se puso luz halógena durante 5 segundos. Se confirmó con un radiómetro la intensidad de onda de la luz halógena en $400\text{mW}/\text{cm}^2$.⁴⁰
- Se colocó adhesivo sobre la la base del bracket y una ligera cantidad de resina ENLIGHT sobre la base del bracket, y se llevó a su posición en el centro de la corona de los dientes con ayuda de un posicionador (figura 86).
- Una vez colocado en su posición se presionó el bracket contra la superficie vestibular y se retiró el exceso de resina con un explorador verificando que el bracket no se haya movido de su posición colocada. (figura 87).
- Finalmente fueron fotocurados con lámpara de luz halógena, 15 segundos por mesial y 15 segundos por distal (figura 88).



Figura 84. Arenado de la amalgama.
adhesivo.

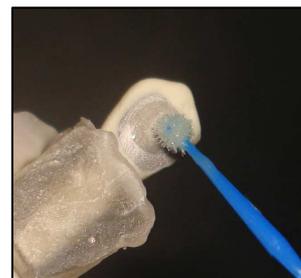


Figura 85. Aplicación de

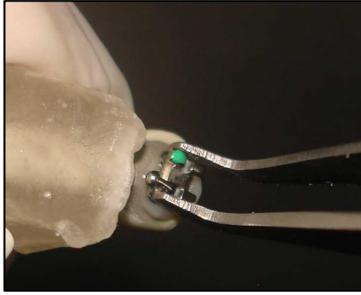


Figura 86. Ubicación del bracket sobre superficie de amalgama.

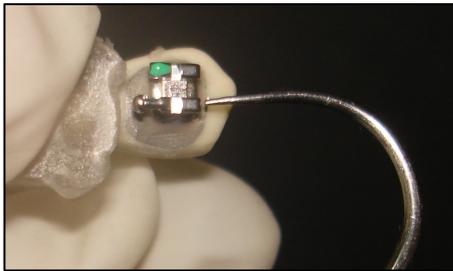


Figura 87. Retiro del exceso de resina.
halógena.



Figura 88. Aplicación de luz
halógena.

6.3.2.4. Grupo 4 (PORCELANA)

El ácido fluorhídrico (Porcelain Etch) y silano utilizado fueron de la casa comercial "Ultradent" (figura 89).



Figura 89. Ácido fluorhídrico y silano "Ultradent".

- Se realizó la profilaxis a baja velocidad con un cepillo profiláctico y piedra pómez y agua durante 10 segundos y se enjuagó con agua durante 10 segundos y se secó finalmente con una jeringa de aire.
 - Luego se grabó la superficie con ácido fluorhídrico al 9,6% durante 2 minutos (figura 90). No se realizó el arenado porque según las indicaciones de la casa comercial “Ivoclar Vivadent” para la porcelana de nanofluorapatita no es necesario.
 - Se eliminó el ácido con rollos de algodón (figura 91) y luego se lavó con agua de la jeringa triple.
 - Se secó el área inmediatamente y se colocó el silano y se dejó secar. (figura 92).
 - Se procedió a colocar una capa de adhesivo “Ortho Solo” con un aplicador de esponja nuevo para cada diente, la tapa del adhesivo fue recolocada inmediatamente después de cada aplicación para evita la evaporación del solvente.
 - Se pasó aire levemente para dejar una capa uniforme de adhesivo y se puso luz halógena durante 5 segundos. Se calibró la luz con una intensidad de onda de $400\text{mW}/\text{cm}^2$, confirmada con un radiómetro.
- 40
- Se puso adhesivo sobre la la base del bracket y una ligera cantidad de resina ENLIGHT sobre la base del bracket (figura 93), y se llevó a su posición en el centro de la corona de los dientes con ayuda de un posicionador (figura 94).
 - Una vez colocado en su posición se presionó el bracket contra la superficie vestibular y se retiró el exceso de resina con un explorador verificando que el bracket no se haya movido de su posición.
 - Finalmente fueron fotocurados con lámpara de luz halógena, 15 segundos por mesial y 15 segundos por distal (figura 95).

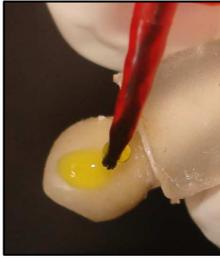


Figura 90. Grabado con ácido fluorhídrico sobre porcelana.

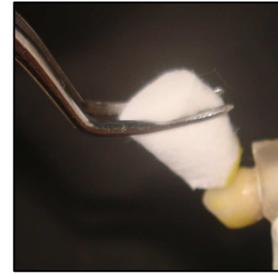


Figura 91. Eliminación del rolo de algodón.



Figura 92. Aplicación de silano sobre la porcelana.

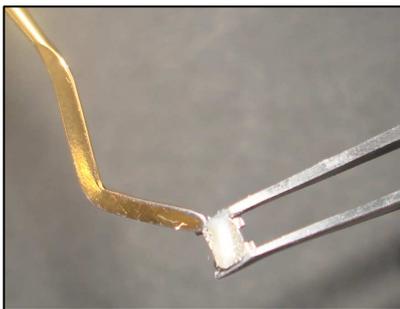


Figura 93. Aplicación de resina sobre la base del bracket.

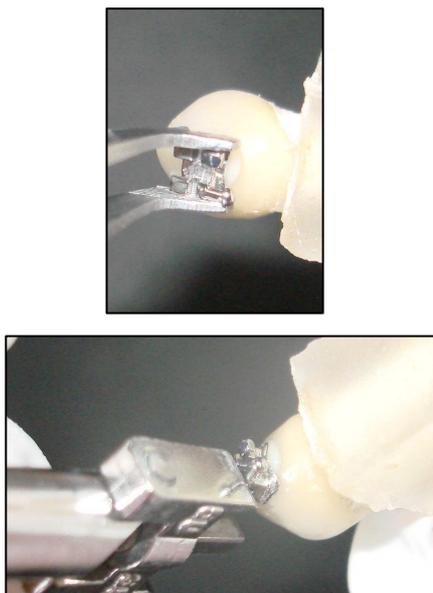


Figura 94. Ubicación del bracket sobre la porcelana.

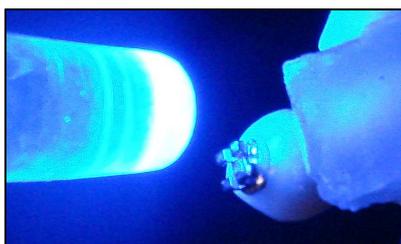


Figura 95. Aplicación de luz halógena.

6.3.3. Fase III: Prueba de tracción

Las pruebas de fuerzas de tracción se realizaron luego de 48 horas de haber adherido los brackets. A todos los grupos de dientes se les colocó un alambre de acero de calibre de 0.014 pulgadas alrededor de las cuatro aletas de los brackets. Luego se entorchó para que quede bien sujeto al bracket; estos alambres eran necesarios para sujetar de un extremo de las mordazas de la máquina universal de fuerzas.

La máquina empleada para la prueba de resistencia a la tracción fue la Tinius Olsen con capacidad de hasta 30 toneladas de fuerza que posee características similares a una máquina Instron (figura 96). La máquina fue

facilitada por la facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador siguiendo los estatutos que la Universidad solicitaba.

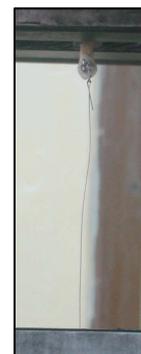
Para realizar las pruebas se colocó los cubos de acrílicos en donde estaba incluido el diente y la ligadura de alambre en cada uno de los extremos de las mordazas de la máquina (figura 97). Después se realizó la fuerza de tracción a una velocidad de 0,5mm/sg hasta registrar el momento donde se desprendió el bracket. La fuerza se registró en Kg y posteriormente se transformó a megapascales mediante una fórmula explicada posteriormente en la recolección de datos. Finalmente a todos los datos obtenidos se realizaron las pruebas estadísticas correspondientes al estudio.



Figura 96. Máquina Universal de fuerzas Tinius Olsen.



A



B

Figura 97. A y B Colocación de las muestras en las mordazas de la máquina universal de fuerzas.

6.4. Recolección de datos

Los valores obtenidos fueron recolectados en tablas presentadas a continuación con la unidad de medida en Kilogramos proporcionada por la máquina:

6.4.1 GRUPO 1

Adhesión de bracket metálico sobre superficie de esmalte dental

Grupo 1	Nivel de resistencia
1.1	11 kg.
1.2	8 kg.
1.3	9 kg.
1.4	7.5 kg.
1.5	11.5 kg.
1.6	8 kg.
1.7	10.5 kg.
1.8	7 kg.
1.9	11.5 kg.
1.10	13 kg.
1.11	7.5 kg.
1.12	8 kg.

Tabla 2. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del primer grupo (grupo control).

6.4.2 GRUPO 2

Adhesión de bracket metálico sobre superficie de resina

Grupo 2	Nivel de resistencia
2.1	7.7 kg.
2.2	8 kg.
2.3	8.5 kg.
2.4	9.5 kg.
2.5	7 kg.
2.6	6.5 kg.
2.7	9.5 kg.
2.8	7.5 kg.
2.9	7.5 kg.
2.10	10.5 kg.
2.11	8 kg.
2.12	6.5 kg.

Tabla 3. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del segundo grupo (superficie de resina).

6.4.3. GRUPO 3

Adhesión de bracket metálico sobre superficie de amalgama

Grupo 3	Nivel de resistencia
---------	----------------------

3.1	2 kg.
3.2	2.5 kg.
3.3	2.5 kg.
3.4	3 kg.
3.5	2 Kg.
3.6	3 Kg.
3.7	2.5 Kg.
3.8	2 Kg.
3.9	2 Kg.
3.10	2.5 Kg.
3.11	3 Kg.
3.12	1.5 Kg.

Tabla 4. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del tercer grupo (superficie de amalgama).

6.4.4. GRUPO 4

Adhesión de
sobre superficie

bracket metálico
de porcelana

Grupo 4	Nivel de resistencia
4.1	14 Kg.
4.2	9.5 Kg.
4.3	9 Kg.
4.4	11 Kg.
4.5	16 Kg.
4.6	13 Kg.
4.7	14 Kg.
4.8	13.5 Kg.
4.9	13 Kg.
4.10	10 Kg.
4.11	12.5 Kg.
4.12	14 Kg.

Tabla 5. Niveles de resistencia a fuerza de tracción en Kg. del cuarto grupo (superficie de porcelana).

7. RESULTADOS

Los valores obtenidos fueron en Kilogramos que es la unidad de fuerza igual al peso de un kilogramo sometido a la gravedad normal; y representa la fuerza que recae sobre un cuerpo, en este caso sobre el bracket.⁷²

En física, las magnitudes con unidades de fuerza sobre área utilizada en el cálculo de piezas en forma prismática o en forma de láminas o placas se denomina esfuerzo. Las unidades de los esfuerzos son las mismas que para la presión, fuerza dividida por área, se utilizan con frecuencia: **MPa**, **Kg/mm²**, **Kg/cm²**.⁷¹

“En el sistema de medidas de anglosajón la tensión se expresa en libras por pulgada cuadrada, Sin embargo, preferimos los megapascales como unidad porque es coherente con el SI (sigla de Systéme Internationale d`Unités {Sistema Internacional de Medidas} de longitud, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, intensidad luminosa, masa y cantidad de materia)”.⁴⁰

El objetivo de este estudio es valorar la resistencia de adhesión y no la fuerza que recae sobre un cuerpo (Kgf). Las muestras fueron sometidas a fuerzas de tracción (σ) que es la **fuerza de tracción por unidad de área** (esfuerzo) perpendicular a la dirección de la fuerza.^{40,71} Por este motivo fue necesario transformar los valores obtenidos en Kgf a Megapascales.

$$\sigma = \frac{N}{mm^2} \quad \text{o} \quad \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0.0980665 \text{ megapascales} \quad (\text{Fórmula 1})^{71}$$

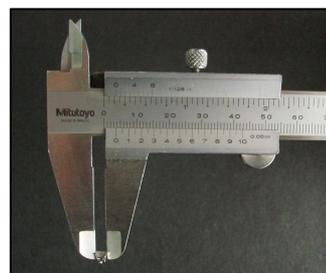
$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ Newtons} \quad (\text{Fórmula 2})^{71}$$

Para poder aplicar la fórmula, fue necesario calcular el área de la base del bracket que es el sitio donde está la resistencia de la fuerza. La base del bracket tiene una forma rectangular por lo que se tomó la fórmula para obtener el área de un rectángulo.

“El área de un rectángulo es igual al producto de la longitud de su base y la longitud de su altura”.⁷ Se utilizó un calibrador para medir cada uno de los lados del bracket (figura 98). Y sus medidas fueron de 3.70 mm de un lado y de 3.85 mm del otro lado.



A



B

Figura 98. A. Calibrador B. Medición de la base del bracket con el calibrador.

$$A = b \times h$$

$$A = 3,75 \text{ mm} \times 3,85 \text{ mm}$$

$$A = 14.43 \text{ mm}^2$$

Para poder transformar a megapascales lo podemos hacer de dos maneras: La primera es conservando los valores Kgf y convertir los mm^2 a cm^2 y realizar la conversión con la fórmula 1; la otra forma puede ser manteniendo los valores en mm^2 y transformar los Kgf a Newtons aplicando la fórmula 2.

Los resultados en megapascales se encuentran descritos en las siguientes tablas:

GRUPO 1

Con la Fórmula 1

Fuerza Kgf	Área cm ²	Esfuerzo Kgf/cm ²	Esfuerzo Mpa (x 0.0980665)
11,00	0,14	78,57	7,70
8,00	0,14	56,14	5,50

9,00	0,14	63,16	6,19
7,50	0,14	52,63	5,16
11,50	0,14	80,70	7,91
8,00	0,14	56,14	5,50
10,50	0,14	73,68	7,22
7,00	0,14	49,12	4,81
11,50	0,14	80,70	7,91
13,00	0,14	91,23	8,94
7,50	0,14	52,63	5,16
8,00	0,14	56,14	5,50

Tabla 6. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 1 con la fórmula 1.

Con la Fórmula 2

Fuerza Kgf	Fuerza Newtons (x 9,8)	Área mm2	Esfuerzo Mpa N/mm2
11,00	107,80	14,43	7,47
8,00	78,40	14,43	5,43
9,00	88,20	14,43	6,11
7,50	73,50	14,43	5,09
11,50	112,70	14,43	7,81
8,00	78,40	14,43	5,43
10,50	102,90	14,43	7,13
7,00	68,60	14,43	4,75
11,50	112,70	14,43	7,81
13,00	127,40	14,43	8,83
7,50	73,50	14,43	5,09
8,00	78,40	14,43	5,43

Tabla 7. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 1 con la fórmula 2.

GRUPO 2

Con la Fórmula 1

Fuerza KgF	Área cm2	Esfuerzo Kgf/cm2	Esfuerzo Mpa (x 0.0980665)
7,70	0,14	54,04	5,30
8,00	0,14	56,14	5,50
8,50	0,14	59,65	5,85
9,50	0,14	66,67	6,53
7,00	0,14	49,12	4,81

6,50	0,14	45,61	4,47
9,50	0,14	66,67	6,53
7,50	0,14	52,63	5,16
7,50	0,14	52,63	5,16
10,50	0,14	73,68	7,22
8,00	0,14	56,14	5,50
6,50	0,14	45,61	4,47

Tabla 8. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 2 con la fórmula 1.

Con la Fórmula 2

Fuerza Kgf	Fuerza Newtons (x 9,8)	Área mm ²	Esfuerzo Mpa N/mm ²
7,70	77,00	14,43	5,34
8,00	80,00	14,43	5,54
8,50	85,00	14,43	5,89
9,50	95,00	14,43	6,58
7,00	70,00	14,43	4,85
6,50	65,00	14,43	4,50
9,50	95,00	14,43	6,58
7,50	75,00	14,43	5,20
7,50	75,00	14,43	5,20
10,50	105,00	14,43	7,28
8,00	80,00	14,43	5,54
6,50	65,00	14,43	4,50

Tabla 9. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 2 con la fórmula 2

GRUPO 3

Con la Fórmula 1

Fuerza KgF	Área cm ²	Esfuerzo Kgf/cm ²	Esfuerzo Mpa (x 0.0980665)
2,00	0,14	14,04	1,38
2,50	0,14	17,54	1,72
2,50	0,14	17,54	1,72
3,00	0,14	21,05	2,06
2,00	0,14	14,04	1,38
3,00	0,14	21,05	2,06
2,50	0,14	17,54	1,72
2,00	0,14	14,04	1,38
2,00	0,14	14,04	1,38

2,50	0,14	17,54	1,72
3,00	0,14	21,05	2,06
1,50	0,14	10,53	1,03

Tabla 10. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 3 con la fórmula 1.

Con la Fórmula 2

Fuerza Kgf	Fuerza Newtons (x 9,8)	Área mm2	Esfuerzo Mpa N/mm2
2,00	20,00	14,43	1,39
2,50	25,00	14,43	1,73
2,50	25,00	14,43	1,73
3,00	30,00	14,43	2,08
2,00	20,00	14,43	1,39
3,00	30,00	14,43	2,08
2,50	25,00	14,43	1,73
2,00	20,00	14,43	1,39
2,00	20,00	14,43	1,39
2,50	25,00	14,43	1,73
3,00	30,00	14,43	2,08
1,50	15,00	14,43	1,04

Tabla 11. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 3 con la fórmula 2.

GRUPO 4

Con la Fórmula 1

Fuerza KgF	Área cm2	Esfuerzo Kgf/cm2	Esfuerzo Mpa1(x 0.0980665)
14,00	0,14	98,25	9,63
9,50	0,14	66,67	6,53
9,00	0,14	63,16	6,19
11,00	0,14	77,19	7,56
16,00	0,14	112,28	11,00
13,00	0,14	91,23	8,94
14,00	0,14	98,25	9,63
13,50	0,14	94,74	9,28
13,00	0,14	91,23	8,94
10,00	0,14	70,18	6,88
12,50	0,14	87,72	8,60
14,00	0,14	98,25	9,63

Tabla 12. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 4 con la fórmula 1.

Con la Fórmula 2

Fuerza Kgf	Fuerza Newtons (x 9,8)	Área mm ²	Esfuerzo Mpa ² N/mm ²
14,00	140,00	14,43	9,70
9,50	95,00	14,43	6,58
9,00	90,00	14,43	6,24
11,00	110,00	14,43	7,62
16,00	160,00	14,43	11,09
13,00	130,00	14,43	9,01
14,00	140,00	14,43	9,70
13,50	135,00	14,43	9,36
13,00	130,00	14,43	9,01
10,00	100,00	14,43	6,93
12,50	125,00	14,43	8,66
14,00	140,00	14,43	9,70

Tabla 13. Conversión de kg. a MPa de los resultados del grupo 4 con la fórmula 2.

Se comprobó que la transformación de Kgf a megapascales mediante las dos formas se obtuvieron resultados muy parecidos. Los resultados obtenidos con la aplicación de la fórmula 1 lo llamaremos MPa 1 y los resultados obtenidos con la aplicación de la fórmula 2 lo llamaremos MPa 2.

7.1 Análisis Estadístico

7.1.1. Presentación de la información

Un experimento donde se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y doce repeticiones, se recogió la información del esfuerzo de adherencia de un bracket metálico sobre diferentes superficies en Megapascales (Mpa). La columna utilizada para las comparaciones estadísticas es la de los resultados en Megapascales usando la fórmula 2 mencionadas en la parte anterior de resultados, es decir MPa 2.

Para obtener análisis estadístico primero se utilizó la Campana de Gauss (Gráfico 1) que es una representación gráfica de la ecuación matemática a una distribución normal y tiene la forma de campana. La campana de Gauss nos permite distinguir entre pruebas paramétricas y no paramétricas. Las paramétricas responden a la distribución normal o campana de Gauss como mencionamos antes; es decir que hay muy pocas frecuencias en los extremos de la curva manteniendo una representación simétrica. Mientras que las no paramétricas son aquellas que no presupone ninguna distribución de probabilidad teórica de la distribución de nuestros datos, es decir tiene un comportamiento anormal y la curva de representación tiene sesgo.

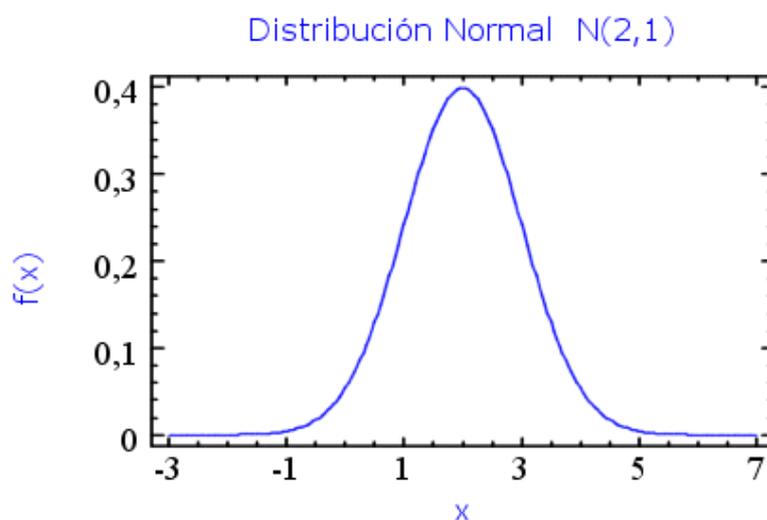


Gráfico 1. Curva de Gauss.

Luego de aplicar el histograma de la curva de Gauss a los datos obtenidos (MPa2) de este estudio se observó que son pruebas no paramétricas. (Gráfico 2).

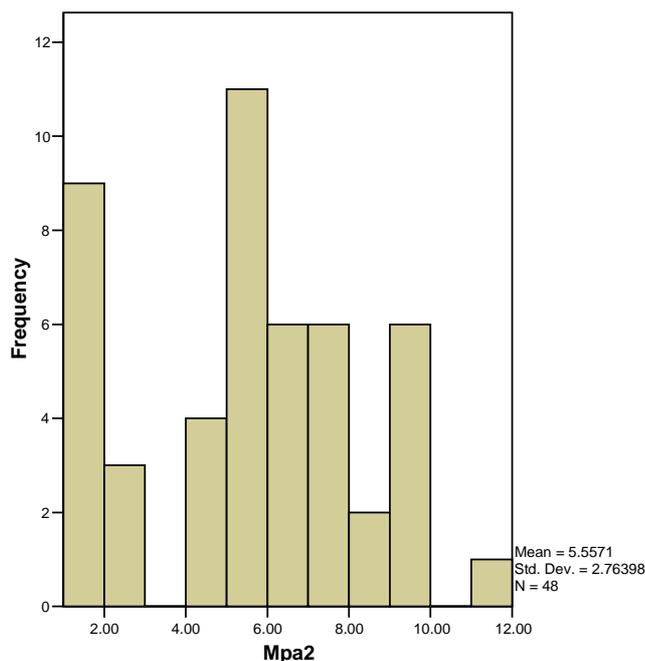


Gráfico 2. Aplicación de la curva de Gauss de los datos obtenidos.

7.1.2. Introducción al Test de Duncan

Duncan es un tipo de test de comparaciones múltiples utilizado para realizar comparaciones par-a-par de medias una vez que se haya obtenido un resultado significativo en un ANOVA.

La prueba de **ANOVA** es un “Análisis de la varianza y una técnica estadística que sirve para decidir o determinar si las diferencias que existen entre las medias de tres o más grupos (niveles de clasificación) son estadísticamente significativas. Las técnicas de ANOVA se basan en la partición de la [varianza](#) para establecer si la varianza explicada por los grupos formados es suficientemente mayor que la varianza residual o no explicada”.⁴¹

Los científicos con frecuencia requieren comparar varios tratamientos, por ejemplo, varios tratamientos analíticos, varios aditivos. La sentencia "comparar varios tratamientos" es demasiado vaga para el análisis numérico, debemos seleccionar alguna propiedad de la cual la más útil es

comparar las medias de la población de los tratamientos. La hipótesis que está siendo analizada es que las medias de la tratamientos de la población son iguales, es decir, la hipótesis nula, H_0 es $H_0: m_1 = m_2 = m_3 = \dots$, etc. Para testar esta hipótesis, se recogen los datos de cada tratamiento, y se estima cada media de la población (la media muestral). En esta fase, se examinan ahora las diferencias entre las medias muestrales para ver si las diferencias dan evidencias entre las medias de la población o se deben meramente al error experimental. Otra forma de expresar esto es preguntarnos si las medias muestrales son significativamente diferentes.

Si las muestrales son significativamente diferentes, entonces concluiríamos que existe una diferencia entre las medidas de tratamiento de la población. Por tanto, la hipótesis nula H_0 es $H_0: m_1 = m_2 = m_3 = \dots$ y la hipótesis de investigación H_1 es $H_1: \text{no todas las medias son iguales}$. Los niveles de significación de 0.05 o 0.01 se adoptarán salvo otra decisión.

48

7.1.2.1. Análisis de datos por Método Duncan

Una vez analizados los rangos y medias aritméticas de cada uno de los grupos, se obtuvo los resultados expresados gráficamente. Se usó un gráfico de cajas.

Un gráfico de cajas correspondiente posee una caja central que indica el rango en el que se concentra el 50% central de los datos. Sus extremos son, por lo tanto, el 1^{er} y 3^{er} cuartil de la distribución. La línea central en la caja es la mediana. De este modo, si la variable es simétrica, dicha línea se encontrará en el centro de la caja. Los extremos de los "bigotes" que salen de la caja son los valores que delimitan el 95% central de los datos, aunque en ocasiones coinciden con los valores extremos de la distribución. "Se suelen también representar aquellas observaciones que caen fuera de este rango (outliers o valores extremos)". Esto resulta especialmente útil para comprobar, gráficamente, posibles errores en nuestros datos. En general,

los diagramas de cajas resultan más apropiados para representar **variables que presenten una gran desviación de la distribución normal**.

“Un diagrama de cajas o un histograma son gráficos sencillos que permiten comprobar, de un modo puramente visual, la simetría y el "apuntamiento" de la distribución de una variable y, por lo tanto, valorar su desviación de la normalidad”.⁴¹

Al aplicar en este estudio el gráfico de cajas se obtuvo lo siguiente:

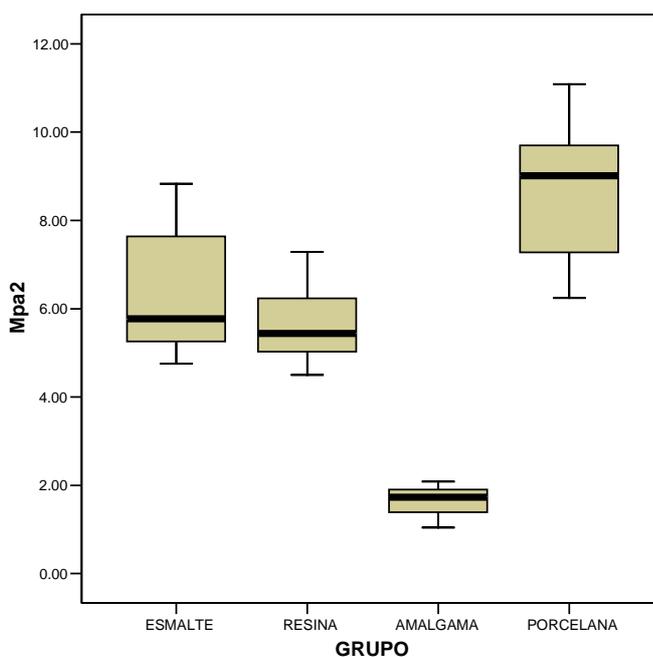


Gráfico 3. Límites superiores e inferiores de cada uno de los cuatro grupos.

En el gráfico anterior, se muestra tanto los límites inferiores como superiores de cada una de las muestras, obteniéndose en la línea de color negro la media aritmética, resumiendo éstas la tabla 14:

GRUPO	Media	N	Desviación Estándar

ESMALTE	6,4583	12	1,39515
RESINA	5,5417	12	,85552
AMALGAM A	1,6342	12	,32986
PORCELAN A	8,5675	12	1,46959
Total	5,5504	48	2,75830

Tabla 14. Media y desviación estándar de la resistencia a fuerzas de tracción de cada uno de los grupos.

7.1.2.2. Análisis de las medias:

- El grupo de esmalte tiene un esfuerzo promedio de 6,45 MPa, siendo el segundo en resistencia a la tracción.
- El grupo de resina tiene un esfuerzo promedio de 5,54 MPa, siendo el tercero en resistencia a la tracción.
- El grupo de amalgama tiene un esfuerzo promedio de 1,63 MPa, siendo el cuarto en resistencia a la tracción.
- El grupo de porcelana tiene un esfuerzo promedio de 8,56 MPa, siendo el primero en resistencia a la tracción.

7.1.2.3. Análisis de la desviación estándar:

En cuanto a la desviación estándar, se puede decir que el 68,3% de los datos recogidos se encuentran en los siguientes rangos para cada uno de los materiales:

- El grupo de esmalte entre 5,06315 y 7,85345 MPa.
- El grupo de resina entre 4,68618 y 6,39722 MPa.
- El grupo de amalgama entre 1,30434 y 1,96406 MPa.
- El grupo de porcelana entre 7,09791 y 10,03709 MPa.

El grupo de mayor variación es de porcelana, y el segundo es el de esmalte. Se puede decir que el grupo de comportamiento más homogéneo es el de amalgama.

Una vez que se conocen las medias y las desviaciones estándar, se pretende conocer si la diferencia entre los grupos es significativa.

7.1.2.4. Test de Duncan

Según los análisis estadísticos realizados mediante SPSS, se presentan los siguientes resultados para medir la representatividad de diferencias entre las medias:

(I) GRUPO	(J) GRUPO	Diferencia de la Media (I-J)	Desv. Est.	Sig. P= 0,05	95% Intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
ESMALTE	RESINA	,78167	,45295	,323	-0,4277	1,9910
	AMALGAMA	4,71833*	,45295	,000	3,5090	5,9277
	PORCELANA	-2,26833*	,45295	,000	-3,4777	-1,0590
RESINA	ESMALTE	-,78167	,45295	,323	-1,9910	,4277
	AMALGAMA	3,93667*	,45295	,000	2,7273	5,1460
	PORCELANA	-3,05000*	,45295	,000	-4,2594	-1,8406
AMALGAMA	ESMALTE	-4,71833*	,45295	,000	-5,9277	-3,5090
	RESINA	-3,93667*	,45295	,000	-5,1460	-2,7273
	PORCELANA	-6,98667*	,45295	,000	-8,1960	-5,7773
PORCELANA	ESMALTE	2,26833*	,45295	,000	1,0590	3,4777
	RESINA	3,05000*	,45295	,000	1,8406	4,2594
	AMALGAMA	6,98667*	,45295	,000	5,7773	8,1960

Tabla 15. Test de Duncan (diferencias entre las medias).

Una vez conocidas las diferencias entre las medias con un error estándar de 45,30%, se calcula el nivel de significancia de la prueba, el cual se lo compara con el límite inferior y superior. Si el nivel de significancia está dentro del rango, quiere decir que las medias no son significativamente diferentes. Por lo tanto:

7.1.2.4.1. Análisis de esmalte como variable base

- La media de esfuerzo de esmalte en comparación con la media de esfuerzo de resina, tiene una diferencia de 0,78167 MPa. y no es

significativamente diferente, por lo que no hay mayor diferencia entre la resistencia de adhesión sobre esmalte y resina.

- La media de esfuerzo de esmalte en comparación con la media de esfuerzo de amalgama, tiene una diferencia de 4,72 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que existe mejor resistencia de adhesión sobre esmalte que sobre la superficie de amalgama.
- La media de esfuerzo de esmalte en comparación con la media de esfuerzo de porcelana, tiene una diferencia de -2,27 MPa. y no es significativamente diferente, por lo tanto la resistencia de adhesión del bracket sobre superficies de esmalte y sobre porcelana son similares.

7.1.2.4.2. Análisis de esfuerzo de resina como variable base

- La media de esfuerzo de resina en comparación con la media de esfuerzo de esmalte, tiene una diferencia de -0,78167 MPa. y no es significativamente diferente, por lo que la diferencia de resistencia de adhesión del bracket sobre la superficie de resina y de esmalte no varía mucho.
- La media de esfuerzo de resina en comparación con la media de esfuerzo de amalgama, tiene una diferencia de 3,93 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es preferible adherir los brackets sobre superficies de resina.
- La media de esfuerzo de resina en comparación con la media de esfuerzo de porcelana, tiene una diferencia de -3,05 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que los brackets tienen mejor resistencia de adhesión sobre superficies de porcelana que sobre superficies de resina.

7.1.2.4.3. Análisis de esfuerzo de amalgama como variable base

- La media de esfuerzo de amalgama en comparación con la media de esfuerzo de esmalte, tiene una diferencia de -4,72 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es preferible realizar la adhesión de brackets sobre superficie de esmalte en comparación con la superficie de amalgama.
- La media de esfuerzo de amalgama en comparación con la media de esfuerzo de resina, tiene una diferencia de -3,94 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es resulta mejor hacer la adhesión de brackets sobre superficie de resina que sobre la superficie de amalgama.
- La media de esfuerzo de amalgama en comparación con la media de esfuerzo de porcelana, tiene una diferencia de -6,99 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es preferible realizar la adhesión del bracket sobre la superficie que soporta mas esfuerzo, que en este caso es porcelana.

7.1.2.4.4. Análisis de esfuerzo de porcelana como variable base

- La media de esfuerzo de porcelana en comparación con la media de esfuerzo de esmalte, tiene una diferencia de 2,27 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es preferible utilizar la superficie de mejor esfuerzo, que en este caso es porcelana.
- La media de esfuerzo de porcelana en comparación con la media de esfuerzo de resina, tiene una diferencia de 3,05 MPa. y si es

significativamente diferente, por lo que es preferible utilizar la superficie de mejor esfuerzo, que en este caso es porcelana.

- La media de esfuerzo de porcelana en comparación con la media de esfuerzo de amalgama, tiene una diferencia de -6,99 MPa. y si es significativamente diferente, por lo que es preferible utilizar la superficie que resiste mayor esfuerzo, que en este caso es porcelana.

7.1.2.5. Cuadro comparativo sobre el nivel de significancia de las medias

A continuación se presenta un cuadro comparativo en el cual se concluirá que superficie presenta mejor adhesión con el bracket se debe en base al esfuerzo expresado en Mpa. Cuando aparezca la palabra “no significancia, quiere decir que es indiferente la diferencia de resistencia, caso contrario se propone cual prevalecería sobre el otro.

MATERIAL	ESMALT E	RESINA	AMALGAM A	PORCELAN A
ESMALTE	-----	No significancia	Esmalte	No significancia
RESINA	No significancia	-----	Resina	Porcelana
AMALGAM A	Esmalte	Resina	-----	Porcelana
PORCELAN A	Porcelana	Porcelana	Porcelana	-----

Tabla 16. Cuadro comparativo del nivel de significancia de las medias.

En conclusión la porcelana es el material que obtuvo valores de mayor resistencia de adhesión con el brackets en este diseño experimental, debido a que su media es significativamente diferente a las medias de esfuerzo de los demás materiales. En segundo lugar, se puede concluir que la superficie de esmalte y la superficie de resina poseen niveles de resistencia de adhesión similares ya que la diferencia entre sus medias de esfuerzo no es significativa.

Finalmente, no se recomienda la adhesión sobre amalgama ya que al ser, la cuarta media de esfuerzo, es significativamente diferente a los demás materiales.

Agrupando las medias estadísticamente en grupos homogéneos, se tiene que:

GRUPO		N	Subconjunto para alpha = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD ^a	AMALGAMA	12	1,6467		
	RESINA	12		5,5833	
	ESMALTE	12		6,3650	
	PORCELANA	12			8,6333
Sig.			1,000	,323	1,000

Los promedios para los grupos en subconjuntos homogéneos son demostrados

a. Usar la media armónica del tamaño de la muestra = 12,000.

Tabla 17. Agrupación estadística de medias en grupos homogéneos.

7.1.3. Introducción a la prueba H o Test de Kruskal Wallis

La prueba de **Kruskal-Wallis** (de William Kruskal y W. Allen Wallis) es un análisis estadístico no paramétrico “para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos.⁴⁸

Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos, en oposición al tradicional ANOVA. La única exigencia versa sobre la aleatoriedad en la extracción de las muestras”.^{7, 41}

7.1.3.1. Análisis de datos por método Kruskal Wallis

Para el análisis de datos por el método KRUSKAL WALLIS, es necesario definir el rango de aceptación de la prueba, en cuyo caso, se denomina chi cuadrado. A continuación se presenta la tabla chi cuadrado de cada una de las muestras de materiales:

	Mpa1	Mpa2
Chi-Square	36,332	36,254
Df	3	3
Asymp. Sig.	,000	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GRUPO

Tabla 18. Tabla de chi cuadrado.

Para aceptar si una muestra pertenece a la misma población, se deberá analizar si el rango de la muestra es menor al límite establecido por el coeficiente chi cuadrado. Por lo tanto el rango de las muestras determinado por SPSS es el siguiente:

	GRUPO	N	Rango medio	Conclusión
M p a 2	ESMALTE	12	27,92	< χ^2
	RESINA	12	23,17	< χ^2
	AMALGAMA	12	6,50	< χ^2
	PORCELANA	12	40,42	> χ^2
	Total	48		

Tabla 19. Rango de las muestras determinado por SPSS.

Podemos concluir que la varianza del grupo de material de porcelana pertenece poblaciones diferentes. La varianza en MPa. de porcelana es la mayor por lo que es necesario estandarizar mejor el sistema de adhesión sobre la porcelana o aumentar el tamaño de la muestra para eliminar la variabilidad de esfuerzo.

8. DISCUSIÓN

Investigaciones realizadas in Vitro sobre la fuerza de adhesión de los brackets realizadas por Reynolds en 1976 , López⁴⁴ en 1980 y mencionadas por Cozza²¹ en el 2006 demostraron que debe tener valores entre 6 y 8 MPa, es decir de 1,5 a 2 Kgr de fuerza. Los valores por encima de estas cifras son considerados aceptables. Los estudios fueron realizados con la máquina Instron y resina Transbond XT 3M Unitek.

Knoll y col.⁴³ en 1986, encontraron que la adhesión directa de brackets metálicos sobre dientes anteriores humanos tiene una resistencia promedio de 16,11 MPa, cabe mencionar que para su estudio utilizaron resinas como la Transbond de la casa comercial 3M Unitek. Para nuestra investigación usamos la resina Enlight de la casa comercialOrmco, los valores obtenidos no fueron tan altos como los descritos por Knoll; sin embargo los niveles de resistencia promedio de adhesión sobre esmalte considerado el grupo control fue de 6,45 y para el cuarto grupo (porcelana) fue de 8.56 MPa, que son valores aceptados para aplicaciones clínicas. Mientras que en el grupo 2 (superficie de resina) y grupo 3 (superficie de amalgama) se obtuvo valores menores a éstas cifras, que puede ser debido a que se usó una resina diferente, así como también a la máquina utilizada para realizar las mediciones de las fuerzas de tracción (Tinius Olsen).

Ortiz Alexandra⁶¹ (2008), en su estudio de adhesión de brackets sobre esmalte utilizó la resina fotopolimerizable En-light con el sistema adhesivo Ortho–Solo de la casa comercial ORMCO, y obtuvo un valor promedio de tracción de 8,58 MPa. Estos resultados se acercan más a nuestro análisis, en comparación con otras investigaciones, donde se reportaron valores más altos, pero que usaron otro tipo de resina. Posiblemente esto nos hace pensar que el tipo de resina empleada para esta tesis influye para que exista discrepancia en los valores encontrados con respecto a otros estudios.

Puede ser que las diferencias encontradas en los rangos de resistencia a las fuerzas de tracción en el grupo control se deban a que no se tomó en cuenta el grado de maduración del esmalte, ni la edad del paciente dentro de los criterios de inclusión. Esta omisión pudo haber influenciado en la gran variabilidad de la fuerza de despegado de los brackets encontrada en esta investigación.

Los resultados descritos en este estudio indican que la adhesión sobre coronas de porcelana puede ser posible si se sigue un correcto procedimiento, sin embargo hay que tener en cuenta que las interpretaciones de los resultados obtenidos en un estudio in Vitro no siempre pueden ser aplicados clínicamente.^{8,10} Esto se explica por las diferentes características que presentan las porcelanas y la dificultad de duplicar las condiciones del ambiente bucal.

Soberantes y col.⁷² (2007) demostraron que hay diferencias significativas en la adhesión del bracket a la porcelana de acuerdo a la concentración de ácido fluorhídrico; mencionan que la adhesión con cemento de ionómero modificado con resina junto con el ácido fluorhídrico al 9,5 % es una buena opción para utilizar si se pretende llevar a cabo un tratamiento ortodóncico de larga duración. Nuestros hallazgos corroboran que la adhesión a la porcelana con el uso de ácido fluorhídrico con esa concentración posee buena resistencia ante el despegado del bracket, al igual que lo reportan Cheng y col.¹⁹ (1999).

Palacio y col.⁶² (2004) también coinciden que se obtienen excelentes resultados de adhesión de brackets sobre la porcelana usando ácido fluorhídrico al 9,6 % durante dos minutos y con la aplicación de silano; al igual que nuestro estudio no se realizó el arenado previo a la aplicación de ácido.

Los valores más altos de adhesión de brackets sobre porcelana encontrados en otros estudios como los mencionados por Newman⁵⁶ (1983)

pueden ser debido al tipo de porcelana utilizada para dichas investigaciones. Ellos usaron la porcelana feldespática que posee partículas más grandes y por lo tanto es recomendable arenarla antes del grabado con ácido fluorhídrico. Nosotros realizamos nuestro análisis con porcelana de nanofluorapatita, que según las instrucciones del fabricante no necesita ser arenada.³⁶ Sin embargo, Newman⁵⁶ coinciden con nuestro estudio en que los valores de resistencia de la adhesión de brackets sobre porcelana son comparables o mejores a los valores de resistencia de adhesión de brackets sobre esmalte.

Travaresa Barbosa y col.⁸¹ (1995), indican también que la adhesión directa de los brackets a la porcelana es clínicamente posible y muy aceptable en el tratamiento ortodóncico, y que mejora mucho si se aumenta el tiempo de grabado fluorhídrico. Pero, esto no siempre se puede realizar clínicamente porque no es tan fácil mantener completamente aislado el diente a ser tratado, el contacto del ácido fluorhídrico con la mucosa puede causar quemaduras y eritemas con pérdida de tejido e incluso dolor por algunos días.^{54, 20}

Según las investigaciones donde se menciona que un estudio in Vitro difiere de un estudio In Vivo^{8,10}, los resultados que hemos obtenido de la fuerza de adhesión sobre la porcelana pueden variar clínicamente debido al peligro de contaminación salival, tipo de porcelana, tiempo de grabado ácido, morfología de la cara vestibular de la corona de la porcelana, que puede ser un motivo para el fracaso de adhesión.

Con referencia a la adhesión de brackets sobre una resina; Jost-Brinkman (1996) en sus estudios mencionados por Graber⁸ (2003), refiere que “la fuerza de unión que se obtiene entre una resina nueva a una resina antigua es sustancialmente menor que la fuerza cohesiva del material; pero si se asperiza la superficie de las restauraciones antiguas puede ser satisfactoria la adhesión en la mayoría de los casos”.

Phillips⁴⁰ (2004) explica que la unión que se da entre una resina a otra resina es de característica cohesiva, basado en esto se hizo la hipótesis de nuestro trabajo. Los resultados que obtuvimos de la adhesión de brackets sobre resina fueron estadísticamente similares al grupo control (sobre esmalte) que puede haberse dado ya que las restauraciones de resina en cada uno de los especímenes de la muestra se hicieron apenas 48 horas antes de la prueba a fuerzas de tracción y no hubo ninguna exposición a saliva o alimentos. También pudo haber influenciado en dichos resultados el hecho de que las resinas fueron colocadas en las cavidades reproduciendo en forma fidedigna las superficies a restaurar, asegurando de esta manera la adaptabilidad del bracket a su superficie, lo cual favorece su adhesión.

García y col.²⁷ (2008) en sus investigaciones realizadas in vitro para determinar el patrón de grabado y la utilización del ácido ideal para restaurar resinas compuestas encontró que el empleo de ácido fluorhídrico por 45 segundos fue el que produjo mayores porosidades e irregularidades sobre la resina en comparación con el ácido fosfórico y el propio ácido fluorhídrico expuestos a 15 y 30 segundos. Una superficie irregular y con porosidades es propicia desde el punto de vista mecánico para reparar una restauración.

Posiblemente usar ácido fluorhídrico en la preparación de la superficie de resina para la adhesión de brackets puede aumentar los niveles de resistencia a las fuerzas de tracción, nosotros usamos ácido fosfórico siguiendo el protocolo estándar mencionado en otros estudios.

Newman y col.⁵⁶ (1983) concluyeron que la adhesión de brackets sobre materiales de restauración de resina son tan efectivos como los que se logra en la adhesión de brackets sobre esmalte grabado y que incluso no hay diferencia estadísticamente significativa si en el procedimiento se coloca o no el silano. Esto corrobora los resultados obtenidos en nuestro

estudio, en los cuales la adhesión de brackets sobre esmalte y sobre resina obtuvo valores similares de forma estadísticamente significativa.

Uno de los primeros estudios realizados sobre la adhesión de brackets a la amalgama arenada fue realizada por Björn U. Zachrisson¹¹(1995) donde observaron que el rango a la resistencia a fuerzas de tracción era de 3.4 a 6.4 MPa, estos resultados eran inferiores a los encontrados en su grupo control cuyo promedio fue de 13.2 MPa; la falla en la adhesión ocurrió más en la interfase amalgama/adhesivo. Para su estudio prepararon la amalgama mediante dos formas: arenándolo y con piedra de diamante fino; el arenado obtuvo mejores resultados aunque estos no fueron estadísticamente significativos. Gross Michael³¹(1997), reporta que la adhesión sobre amalgama mejora si ésta es preparada previamente con “adlloy liquid” que es un acondicionador de metales.

En nuestra investigación se preparó la superficie de amalgama mediante el arenado con grano de óxido de aluminio de 50um, procedimiento que según los estudios mencionados ayuda a obtener mejores resultados de adhesión. Los resultados que encontramos coinciden a los descritos por Bjorn y col. ya que los valores de resistencia a la tracción del grupo 3 (superficie de amalgama) fueron inferiores a los del grupo control (superficie de esmalte). Pero las cifras que obtuvimos fueron de 1,63 MPa que son mucho menor a los encontrados por Björn y col. (3.4 a 6.4 Mpa). Posiblemente una de las razones fue que no se utilizó para la adhesión sobre la amalgama un acondicionador de metales debido a la dificultad de encontrarlo en el mercado.

Así como en el caso de la porcelana hay que tomar en consideración que “no existe una correlación positiva entre los hallazgos clínicos y de laboratorio”¹⁶

Otro factor importante a considerar es que la adhesión puede estar influenciada no solo por el tipo y forma del bracket, sino también por el

procedimiento usado, tiempo de grabado ácido, densidad y tiempo de aplicación de la luz halógena. Staudt y col.⁷⁵ (2006) mencionan que se obtuvo mejores resultados de adhesión cuando la lámpara tuvo una densidad de 400mW/cm².

O. Larry y col.⁵⁹ (1995) recomiendan que es conveniente esperar 5 minutos luego de la polimerización con luz halógena de los brackets antes de colocar el arco y que el tiempo óptimo de polimerización es de 40 segundos, 20 segundos por mesial y 20 segundos por distal. Para este estudio se aplicó 30 segundos, 15 segundos por mesial y 15 segundos por distal de acuerdo a las indicaciones de la casa comercialOrmco para el cementado de brackets metálicos con luz halógena convencional.

9. CONCLUSIONES

1. Los brackets metálicos pueden ser adheridos sobre material restaurativo tan eficientemente como sobre el esmalte con el sistema de cementado directo con resina de fotocurado Enlight de la casa comercialOrmco.
2. La porcelana es el material que obtuvo valores de mayor resistencia de adhesión al bracket.
3. Los resultados de este estudio sugieren que la superficie de esmalte y la superficie de resina poseen niveles de resistencia de adhesión a brackets similares.
4. La adhesión de brackets sobre superficie de amalgama es la que obtuvo los valores más bajos de resistencia a fuerzas de tracción en este diseño experimental.
5. Se debe tomar en cuenta que los valores de las fuerzas de tracción encontradas en este estudio in Vitro no son aplicables totalmente en la práctica clínica porque usamos fuerzas de tracción pura y no fuerzas combinadas que se observan normalmente en boca al momento de la masticación. Además dentro de la cavidad oral influyen otros factores como la temperatura y saliva.
6. La cantidad de resistencia a las fuerzas de tracción no solo va a depender del diseño del bracket o su base sino del procedimiento que se aplique durante la adhesión y la densidad de luz halógena empleada para la fotopolimerización.
7. La hipótesis planteada en esta investigación discrepó de los resultados obtenidos porque la adhesión del bracket a la porcelana presentó mejores niveles de resistencia a las fuerzas de tracción frente a la adhesión de brackets a las superficies de amalgama, resina y esmalte, utilizando resina de fotocurado de la marca Enlight de la casa comercialOrmco.

10. RECOMENDACIONES

1. Es importante conocer bien los materiales con los que trabajamos a diario tanto sus ventajas, desventajas, indicaciones y contraindicaciones ya que la industria ortodóncica produce una multiplicidad de productos que puede dificultar la selección.

2. Para la adhesión sobre cualquiera de las superficies sea el esmalte, resina, porcelana o amalgama se debe seguir las indicaciones del fabricante de las resinas.
3. Se debe realizar un adecuado mantenimiento de los aparatos utilizados en la clínica como la luz halógena, verificando en forma periódica el estado óptimo de la fuente de luz, que la fibra óptica se encuentre libre de resina para que no impida el flujo de luz sobre la superficie a polimerizar, que el timer esté funcionando en forma adecuada para que marque tiempos reales y confiables y que la densidad sea la apropiada. Esto es fundamental para obtener una buena adhesión ya que un mal funcionamiento de la lámpara podría influir directamente en la adhesión del bracket a cualquier superficie a pesar que se use los procedimientos y técnicas adecuadas y se trabaje con buenos productos.
4. En la actualidad existen más pacientes adultos que requieren de tratamientos ortodóncicos para mejorar su estética y salud dental siendo muy común que presenten algún tipo de restauración en sus bocas por lo que es muy importante que el clínico conozca los procedimientos adecuados para la cementación de los aditamentos de ortodoncia sobre cada una de las diferentes superficies de restauración.
5. Habiendo encontrado que la porcelana es el material que obtuvo valores de mayor resistencia de adhesión al bracket se recomienda advertir y obtener la autorización del paciente para adherir el bracket a su corona, bajo el riesgo de que ésta se dañe al momento de la remoción del mismo, con la consiguiente necesidad de cambio de restauración. Por eso algunos autores mencionan que el despegado se debe hacer con cautela, se puede sugerir un estudio basado con el microscopio electrónico para evidenciar la cantidad de daño producido sobre la porcelana.

6. Clínicamente no se puede diferenciar con que tipo de porcelana fueron realizadas las restauraciones y puede ser mejor que se realice el arenado antes de la aplicación del ácido fluorhídrico.
7. Si la morfología de la corona de porcelana no permite una correcta adaptación del bracket se recomienda el uso de banda.
8. En el caso de que los pacientes presenten restauraciones de resina hay que verificar el tiempo que tienen en boca y el estado en que se encuentran, si tienen mucho tiempo es mejor cambiar a una restauración de resina nueva antes del procedimiento de la adhesión de un bracket. Si se decide mantener la resina antigua se debe verificar la morfología de la misma, realizar un nuevamente un pulido de aquellas restauraciones de resina en vestibular que están muy abombadas y no permiten el asentamiento y adaptación correcta del tubo / brackets sobre la restauración con el consiguiente mal pronóstico de la permanencia de ese bracket en boca.
9. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que si se presentan dientes con restauraciones de amalgama es mejor colocar una banda o cambiar el tipo de restauración que puede ser con resina o porcelana que tienen mejores niveles de resistencia a fuerzas de tracción. La literatura revisada recomienda utilizar un acondicionador de metales para la adhesión sobre la amalgama, en los cuales se decida mantener estas restauraciones y cementar tubos.
10. Para futuras investigaciones es recomendable que se valore por medio del microscopio electrónico a todos los especímenes de la muestra para definir en que interfase (diente-resina / resina- bracket) existe más falla, y así poder recomendar a las casas comerciales el mejoramiento de sus

productos ya sea en la base de los brackets o en los sistemas resinosos o en el tipo de acondicionamiento dental.

11. Muchos investigadores han realizado sus estudios con la resina “Transbond” de la casa comercial 3M Unitek por lo que sería aconsejable realizar estudios comparativos entre esta resina y otras, como la “Enlight” de la casa comercialOrmco.
12. Se propone otras investigaciones relacionadas con el tema, tales como: estudios comparativos sobre los niveles de resistencia a fuerzas de tracción sobre superficies restauradas entre diferentes tipos de brackets como metálicos, cerámicos y de zafiro; patrones de grabado fluorhídrico sobre porcelana a diferentes concentraciones.

13. **BIBLIOGRAFIA**

1. Aguirre Michael J, D.D.S., King Gregory J., D.M.D., Waldron Joseph M., D.D..S. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. AJODO. 1982; 82 (4): 269-276.
2. Allan M, Golden DMD. A Simplified Bonding Procedure for Metal and Plastic Brackets” JCO 1979;13: 256 – 257.
3. Alonso A. Oclusión y Diagnóstico en Rehabilitación Oral.1ra ed. Panamericana; 1999.
4. Alvear Jimmy, Rodríguez Ezquiél. Tipos de brackets.CEOB disponible en: www.ceob.com.mx/Publicaciones%20Nuevas/brackets1.htm

5. American Orthodontics versión en español disponible en www.americanortho.com
6. Barnett Rich. Geometría. 2da ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana S.A.; 1991.
7. Bioestadística: Métodos y Aplicaciones [U.D. Bioestadística](http://www.bioestadistica.uma.es/libro/node156.htm). Facultad de Medicina. [Universidad de Málaga](http://www.bioestadistica.uma.es/libro/node156.htm). Disponible en: www.bioestadistica.uma.es/libro/node156.htm (I1 e I2).
8. Björn U. Zachrisson. Adhesión en ortodoncia. En: Graber Thomas M. Ortodoncia Principios generales y Técnicas. 3ra edición. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2003. p.539-624.
9. Björn U. Zachrisson, Björn O. Brobakken. Clinical Comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. Am J Orthod. 1978; 74 (1): 62-78.
10. Björn U. Zachrisson, DDS, MSD, PHD, Buyukyilmaz Tamer, DDS. Recent Advances in Bonding to Gold, Amalgam, and Porcelain. JCO. 1993; 27 (12): 661 – 675.
11. Björn U. Zachrisson, DDS, MSD, PHD, Büyükyilmaz Tamer, DDS. Yngvil Ørstavik Zachrisson, DDS. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. The Angle Orthodontist. 1995; 65 (1): 35–42.
12. Brackett W, Goel BM. Amalgama dental: revisión de la literatura y estado actual. Revista ADM 1999; 56 (3): 113-117.
13. Brandt Sidney, DDS., Servoss Joel M, DDS., Wolfson Joseph, DDS., Practical methods of bonding direct and indirect. JCO. 1975 Oct: 610-635.
14. Brannstrom M, Malogren O, Nordenvall KJ. Etching of young permanent teeth with an acid gel. Am J Orthod 1982; 82 (5): 379-383.
15. Brannstrom M, Nordenvall Kj, Malmgren O. The effect of various pre-treatment methods of the enamel in bonding procedures. Am J Orthod. 1978; 74 (5): 522 – 530.
16. Büyükyilmaz T, Zachrisson BU: Improved orthodontic bonding to silver amalgam II. Lathe-cut, admixed and spherical amalgams with different intermediate resins, Angle Orthod. 1998; 68 (4): 337-344.

17. Ceen RF, Gwinnett A. John. Microscopic evaluation of the thickness of sealants used in orthodontic bonding. *Am J Orthod.* 1980; 78 (6): 623-629.
18. Centro Universitario Federal- Efoa/ Ceufe. Imágenes Histología. Disponible en: www.efoa.br/.../CB/Histologia/hdental.htm
19. Cheng, C.H., Brendlinger, E.J., Brendlinger, D.L., Bernal, V., Mante, F. K. Shear bond strengths of two resin-modified glass ionomer cements to porcelain. *Am. J. Orthod.* 1999; 115(5):533-535.
20. Clarke J. Letters to the editor: danger of using hydrofluoric acid. *Br Dent J.* 1964; 367-368.
21. Cozza Paola, Martucci Leonardo, De Toffol Laura, Penco Isaza Penco Santiago. Shear bond strength of metal brackets on enamel. *The Angle Orthodontist*: 2006; 76 (5): 851–856.
22. Diedrich Petter, Priv. Doz. Dr. med., Dr. med. Dent. Enamel alterations from brackets bonding and debonding: A study with the scanning electron microscope". *Am. J. Orthod.* 1981; 79 (5): 500-522.
23. Egan FR, Alexander SA Cartwright GE. Bond strength of rebounded orthodontics brackets. *AJODO.* 1996; 109 (1): 64-70.
24. Flores Ana Rosa. Metallic bracket to enamel bonding with a photopolymerizable resin-reinforced glass ionomer. *AJODO.* 1999; 116 (5): 514-517.
25. Fredericks Harold E, D.D.S.,M.S. Mutagenic Potencial of orthodontic bonding materials. *AJODO.* 1981; 80 (3):316-324.
26. Galindo HRA. An in vivo comparison between a visible light cured bonding system and a chemically cured bonding system. *AJODO.* 1998; 113 (3): 271-275.
27. García Carmelo, Velazco Gladis, Aguilera Natalia. Análisis del patrón de grabado ácido de resinas compuestas para restauraciones dentales. *Dentum* 2008;8(4):172-176.

28. Gómez M, Campos A. *Histología y Embriología bucodental*. Editorial Medica Panamericana.
29. Gorelick L. Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite: a 12 month assessment. *Am J Orthod*. 1977; 71 (5): 542-553.
30. Grenadier Irving, DDS, Philip Chris, DDS, SAMUEL H. STEIN, D. Bonding Attachments Directly to Teeth. *JCO* 1969 Aug:399 – 403.
31. Gross Michael W, DDS, MCID, Foley Timothy F, DDS, MCID, y Mamandras Antonios H, DDS, Msc. Direct bonding to Adloy-treated amalgam. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997;112 (3):252-8.
32. Hamid M. OMANA, DDS, MS, Moore Robert N, DDS, PHD, EDD, MICHAEL D. BA. Frictional Properties of Metal and Ceramic Brackets. *JCO*. 1992 Jul: 425-432.
33. Henostroza Gilberto. “Adhesión en Odontología Restauradora” Editora Maio, 2003.
34. Hitmi L, Muller Christine, Mujajic Magalia, PIERRE Jean. An 18 month clinical study of bond failures with resin modified glass ionomer cement in orthodontic practice. *AJODO*. 2001; 120 (4): 406-415.
35. Hixson Mark E, Brantley William A, Pincsak John J, Conover John P. Changes in bracket slot tolerance following recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. *AJODO*. 1982 June: 447-454.
36. Ivoclar Vivadent. Catálogo e Instrucciones de uso 04/2004.
37. Karan Sevinc, Büyükyılmaz Tamer, M. Serdar Toroğlu. Orthodontic bonding to several ceramic surfaces: Are there acceptable alternatives to conventional methods? *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics* 2007; 132 (2): 144.e7-144.e14.
38. Katona T.R. y Long R.W. Effect of loading mode on bond strength of orthodontic brackets bonded with 2 systems. *AJODO*: 2006; 129: 60-4.
39. Kenneth J. Anusavice. *Ciencias de los Materiales Dentales*. España. McGraw-HILL Interamericana Editores; 1998.
40. Kenneth J., Anusavice, Phillips. *Ciencia de los Materiales Dentales*. 11va ed. España:Elsevier; 2004.

41. Kinnear Paul, Colin, D. Gray. SPSS 14 Made Simple Department of Psychology University of Aberdeen. Psychology Press 2006.
42. [Kloehn JS](#), [Pfeifer JS](#). The effect of orthodontic treatment on the periodontium. *Angle Orthod* 1974; 44:127-34.
43. Knoll M, Gwinnett A, Wolff M. Shear strength of brackets bonded to anterior and posterior teeth. *AM J ORTHOD* 1986; 89:341-5.
44. López J.I. "Retentive shear strengths of various bonding attachment bases" *American Journal of Orthodontics*. 1980; 76:669-78.
45. Maijer R., D.C. Smith. Corrosion of orthodontic bracket bases. *American Journal of Orthodontics* pages 43-48.
46. Major Paul W., DDS, MSc, MRCD ©; Koehler James R., BSc, DDS, Kieth E. Manning, BSc, DDS, MSc, MRCD. 24-hour shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to porcelain using various adhesion promoters. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1995; 108 (3) 108:322-9.
47. Manly EB. The organic structure of enamel. *Br Dent J* 1948; 84: 183-9.
48. Martínez Bencardino Ciro. Estadística y muestreo. 12da edición, ECOE ediciones, 2005.
49. Mayoral J, Mayoral, G; Mayoral, P. Ortodoncia , principios básicos y práctica . 6ta. edición 2004.
50. McLaughlin Richard, DDS. Bennett John, LDS DOrth. Bracket placement with the preadjusted appliance. *JCO*. 1995; May: 302-311.
51. McLaughlin Richard, Bennett John, Trevisi Hugo. Mecánica sistematizada del tratamiento ortodóncico. España: Elsevier, 2004.
52. Melendez Ruiz Jose L, Varela Ochoa Rubén, Cueto Arvizu Guillermo, Mondragón Espinoza Jaime, Carrillo Palacios Lorena, Coronado Alcalá Edith. *et al*. Evaluación del grabado del esmalte en piezas con ápice inmaduro y maduro utilizando ácido ortofosfórico al 37% por medio de microscopía electrónica de barrido. *Acta odontol. Venez.* 2002; 40 (1).
53. Miura F. Nakagawak, Massuhara E. "New bonding systems for plastic brackets" *Am J Orthod*. 1971; 59:350-361.

54. Moor PA, Manor RC. Hydrofluoric acid burns. J Prosthet Dent. 1982;47:338-339.
55. Neslihan A, Ayca A, Cagla S, Karabulut E, Ronca K y Saadet G. Shear bond strength of orthodontic brackets with 3 self - etch adhesives. AJODO 2006; 129: 547 – 50.
56. Newman George V., DDS. Bonding to porcelain. 1983; Jan: 53 – 55.
57. Newman George V, DDS. Direct and indirect bonding of brackets. JCO. 1974; May: 264 – 272.
58. Newman Sheldon M., D.D.S., F.A.D.M., Keith B. Dressler, D.D.S., and Mark R. Grenadler, D.D.S. Direct bonding of orthodontic brackets to esthetic restorative materials using a silane. Am J Orthod. 1984; 86 (6): 503-506.
59. Oesterle Larry J, DDS, MS, Marion I. Messersmi. Light and Setting Times of Visible-Light-Cured Orthodontic Adhesives. JCO. 1995; Jan: 31 – 36.
60. Okenson J. Oclusion y afecciones temporomandibulares. 4ta edicion. Madrid: Harcourt Brace 1999; 45-54.
61. Ortiz Alexandra, Zapata Rolando, Velásquez Carlos, Delgado Linda, Sánchez Freddy. Comparación de las fuerzas adhesivas de cizallamiento de brackets convencionales y brackets microarenados con partículas de óxido de titanio. Revista CES Odontología (revista en Internet). 2008; 21(2): 9-16. Disponible en http://www.ces.edu.co/PDF_Revistas/Pag9_16V21N2ODO.pdf
INTERLANDI
62. Palacios Silvana, Sentelices Pilar, Urzúa Iván, Cauvi Doris. Estudio in Vitro de la Resistencia a la tracción de brackets metálicos cementados con una resina compuesta de fotocurado sobre porcelana feldespática. Revista Dental de Chile 2004; 95 (2): 10 -16.
63. Paltan José David. Anatomía Humana. Editorial Universitaria Quito. 1993.
64. Pértega Díaz S., Pita Fernández S. Metodología de la investigación. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. España 2001. disponible en www.fisterra.com/mbe/investiga/graficos/graficos.asp

65. Petra Schmage, Ibrahim Nergiz, Wolfram Herrmann, Mutlu Özcan. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*. 2003; 123 (5): 540-546.
66. Pramod K, Sinha, Nanda Ram. Aparatos ortodóncicos fijos de arco de canto y técnicas de adhesión. En: Bishara Samir E. *Ortodoncia*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.;2003. p.202-225.
67. Salvat. *Diccionario Universal*.1985.
68. sdsOrmco. Disponible en: www.ormco.com
69. sdsOrmco. Instructions for use. Enlight Light Cure adhesive for ceramic and metal brackets. Print No. 070-5298 Rev.D.
70. Shapira Y, Kuflinec M. Tooth transposition a review of the literature and treatment considerations. *Angle Orthod*. 1989; 4: 271 – 276.
71. Shigley SE. *Diseño e Ingeniería mecánica*. 5ta edición. México: Mc Graw hill; 1998. 883 p.
72. Soberantes Esther, Enciso Marco Aurelio, Robles Jiménez Ana Lucía, Franco Romero Guillermo, Espinosa Aquino Beatriz. Fuerza de adhesión directa de dos materiales para combinaciones dentales metal-cerámica. *Tecnol.Ciencia Ed. (IMIQ)* 22 (2): 94-100, 2007.
73. Solutions 3M Unitek. Disponible en: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/orthodontics/Unitek/products/catalog/
74. Stanley A. Alexander. *Effects of orthodontic attachments on the gingival health of permanent second molars*. *AJODO*. 1991; 100 (4): 337-340.
75. Staudt Christine Bettina, Krejci Ivo, Anestis Mavropoulos. Bracket bond strength dependence on light power density. *Journal of Dentistry*. 2006; 34 (7): 498-502.
76. Stephen J, Reichheld. DMD; Ritucci Robert S, DMD; Gianelly Anthony A, DMD, PHD. An indirect bonding technique. *JCO*. 1990; Jan: 21-24.
77. Steven J. Lindauer, DMD, MDSc^a, Henry Browning^b, Bhavna Shroff, DDS, MDSc^c, Frank Marshall, DDS^d, Ralph H.B. Anderson, DDS^e, Peter C. Moon. et al. Effect of pumice prophylaxis on the bond strength of orthodontic brackets. *AJODO*.1997; 111 (6): 599-605.

78. Suárez Quintanilla. Nuevos brackets y aleaciones en ortodoncia. En: Canut, Brusola. Ortodoncia Clínica y Terapéutica. 2da ed. Barcelona España: Masson; 2005. p. 341-
79. Tabor Bruce A. Histologic Comparison of Microleakage Under Ultraviolet Light Polymerizing and Auto Polymerizing Direct Bonding Systems Performed In Vivo. Reviews and Abstracts. AJODO. 1990; 70 (2).
80. Tang ATH, Bjorkman L, Isaksson L, Lindback KF, Sobocki A.A: y Ekstrand J Retrospective study of Orthodontics bonding without liquid resin. AJODO 2000; 118: 300 -06.
81. Travaresê Barbosa Vanessa, DDS, Almeida Marco Antonio, DDS, MSD, Chevitarese Orlando, DDS, PHD, Keith Olga, M. Orth.MSc. Direct bonding to porcelain. AJODO. 1995; 102 (2): 159-164.
82. Underwood M. L., Rawks H.R. y Zimmerman B.F. Clinical evaluation of a Fluoride exchanging resin as an orthodontic adhesive. AJODO 1989; 96:93-99.
83. Wang WN, Tang TH. Evaluation of the sealant in orthodontic bonding. Am J Orthod. 1991; 100:209.
84. Wolfgang Carstensen, DMD. Direct Bonding with reduced acid etchant concentrations. JCO. 1993. Jan: 23 – 25.
85. Wood DP et al: Bonding to porcelain and gold. Am J Orthod. 1986; 89:194.
86. Yngvil Zachrisson Ørstavik, DDS, Björn U. Zachrisson, DDS, MSD, PhD, and Tamer Büyükyilmaz, DDS “Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain” AJODO 1996;109 (4): 420-430.

12. ANEXOS

TABLA DE ANOVA

			Suma de cuadrados	df	Cuadrado principa	F	Sig.
Mpa1 * GRUPO	Entre grupos	(Combinado)	303,170	3	101,057	81,714	,000
	Con Grupos		54,415	44	1,237		
	Total		357,586	47			

KRUSKAL WALLIS RANGOS

GRUPO		N	Rango Principal
Mpa1	ESMALTE	12	28,62
	RESINA	12	22,67
	AMALGAMA	12	6,50
	PORCELANA	12	40,21
	Total	48	
Mpa2	ESMALTE	12	27,92
	RESINA	12	23,17
	AMALGAMA	12	6,50
	PORCELANA	12	40,42
	Total	48	

KRUSKAL WALLIS FRECUENCIA

	GRUPO			
	ESMALTE	RESINA	AMALGAMA	PORCELANA
Mpa1 > Median	6	4	0	12
Mpa1 <= Median	6	8	12	0
Mpa2 > Median	6	6	0	12
Mpa2 <= Median	6	6	12	0