



**TESIS**

**UNAM**  
**POSGRADO**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN ODONTOLOGÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**FUERZA DE ADHESIÓN  
DE BRACKETS RECICLADOS  
de acuerdo a la técnica de  
desprendimiento.**

**C.D. MARIA DEL SOCORRO ÁLVAREZ MARTÍNEZ**

**T U T O R:  
DR. FEDERICO HUMBERTO BARCELÓ SANTANA**

**\_\_vo.bo.\_\_\_\_\_**

**ASESORES:**

**Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso**

**Mtro. Jorge Guerrero Ibarra**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
junio 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por tener el privilegio de haber sido formada en ella y ser parte de su plantilla docente, pero sobre todo porque ha contribuido a mi crecimiento profesional brindándome ahora la magnífica oportunidad de obtener el grado de Maestría.

A Dios por permitirme vivir esta experiencia.

A mi familia y sobre todo a mis padres quienes me dieron el mejor ejemplo.

Como siempre: gracias Juan Manuel, por ser mi esposo, mi amigo, mi compañero y mi mejor aliado.

A mis adorados hijos Manuel y Bernardo, regalo de la vida, bendición de Dios. Les quiero mucho y les doy las gracias porque sin pretenderlo han contribuido en mucho para lograr este trabajo.

A ti mi querido Alberto<sup>†</sup> que ya no pudiste conocer el documento. Haces mucha falta, buen amigo. Gracias por Edith, tu mejor legado.

Mi agradecimiento para el Doctor Federico Barceló Santana. Su valía y dedicación lo hacen merecedor de ser considerado un verdadero Maestro.

Gracias Mtro. Jorge Guerrero por saber mucho y apoyar tanto, estoy orgullosa de tu valiosa amistad. Mi gratitud al Dr. Carlos Álvarez Gayosso por el interés y la ayuda que han resultado insuperables.

A la Mtra. Angélica Martínez quien me brindó su apoyo para la realización de la Maestría. A la Dra. Aída Borges Yáñez por su asesoría en la parte metodológica del proyecto inicial.

En especial a la Dra. Sandra Rodil Posada por sus valiosas aportaciones ya que enriquecieron mucho al documento; al Dr. Ricardo Vera Graziano por su comprensión, ayuda y valiosas aportaciones; al Dr. Joaquín Palacios Alquisira por sus atinados comentarios que dieron mucho lucimiento al trabajo final y al Dr. Sáez, a todos GRACIAS.

*A la FES Zaragoza que me ha dado tanto.*

# ÍNDICE

RESUMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	10
Bracket.....	10
Reciclado de brackets .....	18
Los brackets y el reciclamiento.....	24
Adhesión, unión.....	28
Sistema ARI de Ártun y Bergland.....	33
Índice de adhesivo remanente.....	34
Máquina Instron.....	41
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	42
IV. JUSTIFICACIÓN.....	43
V. OBJETIVOS.....	44
VI. HIPÓTESIS.....	45
VII. METODOLOGÍA.....	45
Tipo de estudio	
Variables	
Tamaño de la muestra.....	47
Criterios.....	48
VIII. MATERIALES Y MÉTODO.....	50
Adhesión de brackets. Primer tiempo <i>in vivo</i> .....	52
Adhesión de brackets. Segundo tiempo <i>in vitro</i> .....	56
Prueba de desprendimiento.....	62
Porcentaje de reducción. Método.....	67
Sistema ARI modificado.....	68
Diseño estadístico.....	70

VIII. RESULTADOS.....	71
<i>Promedio y DE sobre Fuerza de adhesión.....</i>	73
Porcentaje de reducción.....	74
Sistema ARI modificado .....	75
Distribución de frecuencias	
Interfase de desprendimiento	
IX. DISCUSIÓN.....	76
<i>Definición del término Fuerza de Adhesión.....</i>	76
<i>Diferencias relativas en la Fuerza de adhesión de brackets</i> <i>dependiendo de la técnica de desprendimiento.....</i>	77
<i>La significancia clínica y la significancia estadística.....</i>	80
<i>Fuerza de adhesión y uso del <b>Sistema ARI modificado</b>.....</i>	81
<i>La máquina Instron y la prueba de desprendimiento.....</i>	86
<i>Comparación de los resultados obtenidos sobre</i> <i>Fuerza de Adhesión con estudios similares.....</i>	88
<i>Resultados de estudios con la misma máquina de pruebas.....</i>	89
<i>Fuerza de adhesión “clínicamente aceptable”.....</i>	91
<i>Índice sobre Fuerza de adhesión.....</i>	95
<i>Fuerza de Adhesión y el adhesivo utilizado.....</i>	95
<i>Diferencias entre brackets nuevos y clínicamente usados.....</i>	97
<i>Influencia del RECICAJE en la Fuerza de adhesión.....</i>	98
<i>Los hallazgos en pruebas de laboratorio.....</i>	102
<i>Elegir brackets reciclados o no.....</i>	104
X. PROPUESTAS.....	109
XI. CONCLUSIONES.....	110

XIII. REFERENCIAS.....	111
XII. ANEXOS.....	116
<i>Autograbado.</i>	
<i>Diferentes técnicas de desprendimiento</i>	
<i>Procedimientos de reciclaje de brackets metálicos</i>	
<i>Especificación ISO 11405.....</i>	<i>117</i>
<i>Almacenamiento de dientes para la prueba.....</i>	<i>118</i>
<i>La Desviación Estándar.....</i>	<i>118</i>
Características del estudio y escalas de medición.....	118
<i>Glosario de términos.....</i>	<i>120</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del bracket Dentaurem. Sistema Edgewise estándar.....	17
Tabla 2. Brackets Ultratrimm para cementado directo.....	18
Tabla 3. Criterios de Årtun y Bergland, para la aplicación de ARI.....	35
Tabla 4. Criterios de Millett, para aplicar ARI de Årtun y Bergland.....	36
Tabla 5. Criterios de Quick, para aplicar ARI de Årtun y Bergland.....	37
Tabla 6. Criterios de Valletta, modificado del original de ARI de Årtun y Bergland...	38
Tabla 7. Características de los brackets metálicos de ortodoncia estándar Edgewise elegidos.....	51
Tabla 8. Criterios de Álvarez-M & Barceló para ARI modificado.....	68
Tabla 9. Fuerza de adhesión de 60 brackets metálicos de ortodoncia y calificación de ARI.....	71
Tabla 10. Promedio y D.E. sobre la <i>Fuerza de adhesión</i> de 60 brackets metálicos de ortodoncia.....	73
Tabla 11. Porcentajes de reducción en la <i>Fuerza de adhesión</i> para cada grupo de brackets después del reciclamiento.....	74
Tabla 12. Sistema ARI modificado de Álvarez-M-Barceló. Distribución de frecuencias (número/%) .....	75
Tabla 13. Aplicación de ARI modificado en 60 brackets de ortodoncia. Interfase de desprendimiento.....	75
Tabla 14. Comparación con autores que usaron la misma máquina de pruebas universales Instron (modelo 5567, Canton, Mass., USA).....	90
Tabla 15 Hallazgos sobre <i>Fuerza de adhesión</i> en brackets de ortodoncia y término empleado para definir “clínicamente aceptable”.....	91
Tabla I6. Comparación de los promedios de <i>Fuerza de adhesión</i> De estudios in-vivo in-vitro. Tomado de: Hajrassie.....	103

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** Se conoce una reducción en la *Fuerza de adhesión* después del reciclamiento, ya que el calentamiento produce alteraciones en las propiedades mecánicas del metal, cambios en el diámetro, pérdida de rugosidad de la malla y también puede ocasionar disminución en la *Fuerza de adhesión* hasta del 32%. **OBJETIVO.** Comparar la *Fuerza de adhesión* entre brackets metálicos reciclados tomando como característica particular, la forma en que el bracket fue desprendido del diente. **MÉTODO.** Se cementaron brackets Dentaurum nuevos a pacientes con ortodoncia; se seleccionaron 20 recuperados cuando se desprendieron solos, 20 desprendidos por pinzas. Por procedimiento térmico, estos brackets usados clínicamente se reciclaron los cuales, además de 20 nuevos (grupo control) se adhirieron a premolares extraídos para fines ortodónticos, utilizando *Heliosit Orthodontic (Ivoclar)*. Se llevó a cabo el montaje en la máquina de pruebas universales Instron 5567, aplicando una velocidad de carga de 1.0 mm/minuto. Se usó ANOVA para comparar los grupos ( $p < 0.05$ ). **RESULTADOS.** El grupo control obtuvo 5.84 DE 3.46 MPa, por **pinzas** 3.98 DE 3.24 Mpa y **solos** 5.51 DE 2.68 MPa. Reciclar no influyó ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.145$ ). La interfase de desprendimiento ocurrió por lo general dentro del adhesivo. **CONCLUSIONES.** La técnica de desprendimiento puede influir en los resultados, ya que reduce el área de contacto durante el desprendimiento. Los valores muestran una **reducción** de 32% para brackets desprendidos por pinzas, lo que significa que la probabilidad de desprendimiento de brackets reciclados que se retiraron con pinzas es alta.



## SUMMARY

Recycled orthodontic brackets lost bond strength because they lose metal or mesh diameter is reduced. Loss of material during recycled or debonding process produces a decrease of the bond strength. **OBJECTIVE.** To compare the bond strength of metallic recycled orthodontic brackets considering the shape in which they were removed of the enamel. **METHOD.** New Dentaurem brackets were bonded on orthodontic treatment patients. Forty were selected (20 were recovered when they removed alone and 20 when they removed with plier for the bracketing). The used brackets were recycled. Sixty extracted premolars were randomly divided into 3 groups: Control Group (20 new Dentaurem brackets), Group 1 (20 brackets removed alone) and Group 2 (20 brackets removed with plier for the bracketing) and were bonded using orthodontic composite adhesive (Heliosit Orthodontic, Ivoclar). Debonding force measurements were performed with a mechanical universe testing machine (Instron 5567) using a crosshead speed of 1 mm/min. Bond strength was calculated. The results were analyzed with one-way ANOVA ( $p < 0.05$ ). **RESULTS.** Mean bond strength were as follows:  $5.84 \pm (3.46)$  MPa (Control Group),  $5.16 \pm 2.68$  MPa (Group 1) and  $3.98 \pm 3.24$  MPa (Group 2). ANOVA indicated that there were no significant differences in bond strength between the groups investigated ( $p = 0.145$ ). The ARI scores indicated that the failure occurred within the adhesive interface. **CONCLUSIONS.** Our values showed a reduction of for brackets removed with plier for the bracketing in relation with Control Group. The values mean that the probability of debonding of recycled brackets removed with plier for the bracketing is high.

## I. INTRODUCCIÓN.

La habilidad, ética y capacitación del ortodoncista constituyen un factor importante en el éxito del tratamiento de ortodoncia con aparatología fija donde el bracket es el aditamento esencial. Durante el tratamiento, ocurre frecuentemente que los brackets deban ser reemplazados debido a que sufrieron desprendimiento muchas veces no deseado. El reciclamiento de brackets de ortodoncia se torna una opción disponible de valor clínico *solo* cuando el bracket no este disponible o sea muy costoso reemplazarlo.

Dada la tendencia al reciclamiento, se torna necesario simular pruebas mecánicas en laboratorios de investigación con el objeto de conocer el comportamiento *in vitro* y documentar con información científica que de certeza y confiabilidad en el re-uso de brackets reciclados.

Se llevó a cabo un estudio con el objeto de comparar la *Fuerza de adhesión* de brackets reciclados, tomando como característica particular el procedimiento a través del cual el bracket fue desprendido del esmalte dentario y establecer si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de brackets que se desprendieron **solos** ó por **pinzas**, discutir la significancia estadística y clínica que ello implica.

Definir el porque del uso del término "**Fuerza de adhesión**". Discutir lo adecuado del reciclamiento de brackets y los aspectos éticos que ello implica, implementación del porcentaje de reducción y proponer la utilización del Sistema *ARI\*\* modificado*, comprenden los alcances y relevancia del presente proyecto.

---

\**Resistencia al desprendimiento, fuerza de retención, resistencia a la remoción mecánica*

\*\**ARI: Índice de Adhesivo Remanente*

## II. MARCO TEÓRICO

### Arco cinta de Angle

El objetivo del tratamiento ortodóntico es individualizar una propuesta clínica de tratamiento que permita obtener el mejor resultado posible para un paciente dado. El objetivo deja implícita no solo la mejora de la estética facial y la alineación de los dientes, sino también buenas relaciones oclusales, beneficios psicológicos, mantenimiento de la salud de las estructuras de soporte y la producción de una dentición estable, entre otros.

El **aparato arco cinta de Angle** presentado en 1915, fue una de las etapas más importantes en la evolución de los aditamentos para la alineación dentaria. Este aparato fue la culminación de muchos años de esfuerzos para lograr un aparato que ubicara los dientes en su "*línea de oclusión*". Fue en realidad el primer aparato que empleó brackets como tales<sup>1</sup>.

El mecanismo de arco de cinta fue la mayor contribución de [E.H. Angle](#)<sup>2</sup> a la ortodoncia. Para obtener mejor control individual sobre los dientes, Angle presentó el "*aditamento de canto Edgewise*" a mediados de la década de los 20's. El componente mecánico básico consistía inicialmente en un bracket metálico de oro dúctil con una ranura rectangular cuyo tamaño original era de 0.022 x 0.028 pulgadas\*. Al pasar los años se hicieron cambios y modificaciones en el dispositivo básico mismo. Los brackets de Angle eran simples y permitían la rotación del diente sin el uso de auxiliares para ligadura. Swain introdujo más tarde brackets siameses o gemelos, lo cual consistió en la unión dos brackets Edgewise en la misma base<sup>3</sup>. Con el tiempo, el bracket fue modificado varias veces hasta llegar a la sección en cruz que se conoce actualmente.

### Brackets.

El bracket es el dispositivo ó aditamento de la aparatología ortodóntica fija que tiene como función guiar la dirección en que se aplica la fuerza necesaria para mover o rotar al diente en una dirección específica, gracias al arco de alambre que va sujeto dentro del canto de la ranura.

Inicialmente el bracket iba soldado a una banda. Las bandas se adquirían de acuerdo al diente que la usaría. Podían adquirirse por separado, es decir, la banda por un lado y el bracket aparte, o ya soldados. Para soldarse, los brackets eran fabricados con una lengüeta de metal “alargada” cuyos extremos permitían soldarlo a la banda a través de puntos de soldadura que se aplicaban con una punteadora (soldador por electricidad utilizado en el consultorio dental).

En la década de los 80's, se crearon los llamados “**mesh-brackets**” que consistían en un bracket con una base de malla que permitía adherir **directamente** el bracket al esmalte del diente, por lo que la técnica recibía el nombre de “*direct-bonding*” (cementado directo).

La materia prima más comúnmente utilizada en ortodoncia para la fabricación de brackets, bandas y alambres de ortodoncia, corresponde al acero inoxidable<sup>4</sup>, que pertenece al grupo de aleaciones que usualmente son utilizadas en ortodoncia debido a su alta ductibilidad, dureza y capacidad de soldadura, así como por su alta resistencia a la corrosión. Los principales factores que pueden afectar los atributos del acero inoxidable son el calentamiento o ciclos de templado que inducen al ablandamiento del metal<sup>5</sup>.

Existen tres tipos esenciales de aceros inoxidables<sup>4</sup>:

**Ferríticos.**- Serie 400 del AISI\* que tienen poca aplicación en odontología.

**Martensíticos.**- Comparte la designación tipo 400 AISI con los ferríticos. Debido a su resistencia a la corrosión y alta dureza, se utiliza en instrumentos quirúrgicos y cortantes.

**Austeníticos.**- Corresponde a las aleaciones más resistentes a la corrosión. Los tipos 302 y 304 se designan como *acero inoxidable 18-8* y se utilizan para fabricar bandas y alambres de ortodoncia. Estos tipos al igual que los 316 y 317 se utilizan en la fabricación de brackets de ortodoncia<sup>4</sup>

---

\**American Iron & Steel Institute.*

Los brackets se pueden clasificar por su composición, en metálicos, cerámicos, plásticos y combinados. Por el sistema (*Técnica*) que utilizan: en tipo *Edgewise, Begg, Roth, Andrews, etc.*

[Graber<sup>6</sup>](#) reporta que por los 70's llegaron a existir más de 117 diferentes **tipos** de brackets metálicos, muchos de los cuales se identificaban por el nombre del ortodoncista que los propuso. [Matasa<sup>3</sup>](#) menciona que durante el año 1992, treinta diferentes casas comerciales manufacturaban diversos tipos de brackets, entre los que había compañías norteamericanas, españolas, alemanas, brasileñas, canadienses y suizas.

Todos los brackets cumplen básicamente la misma función. Por lo general son empleados para conseguir torque, inclinación, movimiento en cuerpo o giros mediante modificaciones en el arco de alambre o agregando algunos accesorios.

Las partes que forman un bracket, y quienes en conjunto con el alambre de ortodoncia permiten actúe la fuerza que produce el movimiento dentario, son:

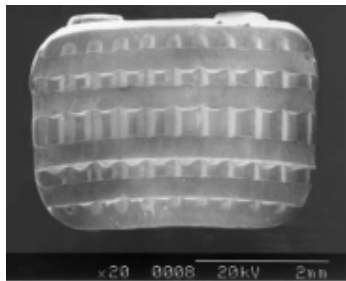
- **Cuerpo**, contiene una pared donde se localizan las alas con la ranura. La ranura es la zona del bracket en la cual se aloja el arco que finalmente producirá el movimiento dental.
- **Alas**. Corresponde a las partes que permiten la colocación de ligaduras elásticas y/o metálicas para sujetar al arco firmemente dentro de la ranura y evitar su desalojo. Se están fabricando brackets de auto-ligado. Consiste en un aditamento que “cierra” para sujetar al alambre cuando ha sido colocado dentro de la ranura del bracket.  
En las alas se localiza el gancho (según la técnica a la cual pertenezca el diseño del bracket) así como las marcas de identificación del bracket, que ayudan al clínico a determinar si el bracket es superior, inferior, derecho, izquierdo.
- **Base**. Es la parte metálica que une la pared posterior del cuerpo con la base propiamente dicha.

### La Base del bracket:

De acuerdo a su manufactura<sup>7, 8</sup> podemos clasificar a los brackets metálicos con: base integral, base integral maquinada (hechos de una sola pieza), base integral moldeada, base integral combinada, base de malla soldada o unida por puntos de soldadura, base colada, vaciada, etc.

Al estar hecho de una sola pieza, el bracket vaciado, garantiza que al retirarlo del diente, no desprenda ninguna de sus partes (base o las alas) del mismo.

La primera base integral acanalada disponible fue la de Dyna-lock de 3M Unitek (figura 1) cuya retención estaba proporcionada por canales horizontales abiertos con un diseño acanalado vertical sobre la superficie de la base.



**Figura 1. Bracket Unitek Dynalock con retención horizontal acanalada**

### BASE DE MALLA

Los brackets metálicos se pueden encontrar hoy día de tres tipos<sup>7</sup>:

Base de malla, base acanalada y base micro-grabada

La base cuando es de malla se fabrica por laminación de una malla fina. El cuerpo del bracket y la base son unidos por lo general con puntos de soldadura, aunque pueden estar hechos de una sola pieza. En este caso, los brackets metálicos basan su adhesión en retenciones mecánicas y **la malla** es el método convencional para ofrecer dicha retención<sup>1</sup>.

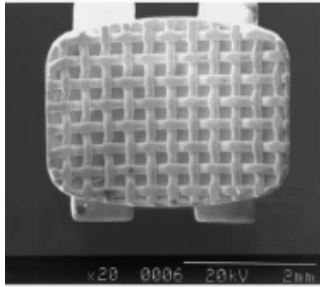
López y cols.<sup>9</sup> estudiaron dos tipos diferentes de bases y encontraron diferencias estadísticamente significativas en la *Fuerza de adhesión* entre brackets con base de malla (*Gemini*) y brackets con base de rielera (*Minidinalock*). Confirmaron, que la resina unida a una base de malla se retiene con mayor fuerza que la unida a una base de bracket tipo rielera (acanalada).

Regan<sup>10</sup> comparó tres diferentes diseños de bases de brackets de acero inoxidable (*Edgewise*, *Dyna-Lock* y *Rocky Mountain*). Estableció que el bracket *Edgewise* mostraba en su base una retención provista de “*proyecciones*” desde la superficie adyacente lo que, según el autor, podría explicar la *Fuerza de adhesión* superior de esta base integral comparada con cualquier otro tipo de base de bracket integral combinada. La base *Dyna-Lock*, fabricada a máquina mostraba una superficie esencialmente lisa lo que podría hacer pensar que no juega ningún papel importante en el proceso retentivo, con el solo acanalado como responsable de la retención. La base del bracket *Rocky Mountain* ofreció la retención a través de aperturas en la malla. Regan<sup>10</sup> concluyó que la rugosidad en la superficie modelada del bracket *Edgewise* contribuye de manera importante en los resultados sobre la *Fuerza de adhesión* y provee retención mecánica adicional.

Varios mecanismos han sido utilizados para incrementar la retención de las bases de brackets con malla, como son: perforaciones en la base; malla vaciada de diferentes diámetros; grabado a la base (rayado), así como la utilización de silano que se pretende modifiquen las características retentivas de la superficie del bracket y su *Fuerza de adhesión*.

**Tamaño del alambre de la malla.** La fabricación de los primeros *mesh-brackets*, utilizaban un calibre de alambre # 60-80 para la malla de la base del bracket. A simple vista se podía observar una malla “*muy abierta*” dando la impresión de una posible “*mayor retención*” debido a una mas fácil penetración de la resina en las aperturas de la malla. Más adelante se fabricaron mallas con alambre de calibre 100 (figura 2), el cual, al ser más delgado, permitía que los espacios en el entretejido de la malla (*espaciamento en la malla*) fueran “más grandes” y mejoraran la retención. Se conoce que la fuerza de adhesión de

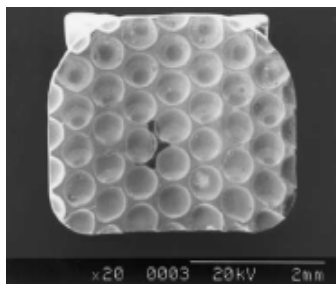
brackets con calibre # 80-100 resulta significativamente mejor que con calibre menor de # 70<sup>11</sup>.



**Figura 2. Bracket Dentaaurum**  
**Malla con espaciamento relativamente largo**

El tamaño del entretejido de la malla afecta la *Fuerza de adhesión* de los diferentes tipos de bracket. Entre más delgado sea el calibre (100), mejor la fuerza de adhesión.

Wang<sup>11</sup> utilizó brackets *Dentaaurum*, *Leone*, *TP Orthodontic* y *Ormco*, para concluir acerca del espaciamento del entretejido, encontrando que entre más grande era el espaciamento en la malla, mayor resultaba la *Fuerza de adhesión*. El valor mas alto fue para los brackets *Tomy* los cuales tienen una base relativamente larga, con varias concavidades circulares que permiten al aire escapar de tal manera que el adhesivo pueda penetrar en las superficies cóncavas (figura 3).



**Figura 3. Base de un bracket Tomy**

Esta base con retenciones cóncavas circulares produjo la mejor retención y por lo tanto menor desprendimiento entre bracket y resina cuando se compararon con otros diseños de base de bracket. El autor reportó que los brackets marca Dentaaurum, con el tamaño de base de malla más largo, obtuvo la mayor *Fuerza de adhesión* que los brackets con menor tamaño de base de



mallas, lo que le permitió concluir que el tamaño y el diseño de la base afectan la fuerza de adhesión de la misma manera que lo hacen el diámetro del alambre y el espaciado entre la malla donde el número de aberturas por unidad de área de la base del bracket determinan la capacidad retentiva de la misma<sup>11</sup>.

### **Estructura y dimensiones típicas de los brackets.**

Variables que afectan la calidad de la unión de brackets con base de malla son: grosor del alambre de la malla, tamaño del entretejido y topografía de los puntos soldados de la base a la misma<sup>12, 13</sup>. Del mismo modo resulta determinante el volumen libre entre la malla y la base del bracket ya que afectará la penetración de la resina, el escape del aire (evitando la formación de burbujas) y la efectividad en la *Fuerza de adhesión*<sup>11</sup>.

**Largo y ancho del bracket:** el bracket original tenía una anchura (largo) de 1,25mm. En la actualidad se encuentran brackets de distintos tamaños (largo, estándar y mini) que pueden medir incluso 4,5 ó 5 mm de largo.

Está probado que el incremento en tamaño del bracket aumenta la capacidad del mismo en el control de las rotaciones y en la inclinación mesiodistal de las piezas dentarias<sup>15</sup>. El tamaño del bracket ejerce influencia sobre las propiedades elásticas del alambre de ortodoncia.

MacColl<sup>16</sup> reportó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre brackets con tamaño 12.35 mm<sup>2</sup> y 8.41 mm<sup>2</sup>; sin embargo si encontró diferencias entre brackets tamaño 6.82 mm<sup>2</sup> y 2.38 mm<sup>2</sup>. Wang<sup>11</sup> reporta que Dentaurum con un tamaño de base más largo, ofreció mayor *Fuerza de adhesión* que los brackets con menor tamaño como el bracket Dynalock de Unitek, la cual tuvo un rango medio con respecto a la *Fuerza de adhesión* encontrada. Por su parte Siomka<sup>17</sup> concluyó que fuerza de adhesión de los brackets Dynalock resultó más alta que la de aquellos brackets con **bases de malla-mini**, lo cual confirmó resultados de estudios previos<sup>11</sup>. En el estudio de Wang<sup>11</sup> el bracket Tomy con su larga base (9.9 mm<sup>2</sup>) mostró la mejor retención y el menor porcentaje de desprendimiento entre bracket y resina (35.3%) que aquellos brackets con un largo de base más pequeño. Entre más larga la base del bracket, mejora la *Fuerza de adhesión*.

Se conoce que la base metálica no deberá ser en longitud, más pequeña que las alas del bracket, ya que se corre el riesgo de desmineralización alrededor de la misma.

**Tamaño de la ranura.** En el bracket original la ranura medía 0.022" (0,56 mm) de ancho por 0.028" (0,71 mm) de profundidad. Con el tiempo, los fabricantes como los clínicos han estandarizado el tamaño, el cual puede ser de tamaño 0.018" x 0.018" o bien 0.018" x 0.022" (de acuerdo a la técnica elegida para tratamiento).

En las [tablas 1 y 2](#) se pueden apreciar características de importancia cuando se trata de elegir un bracket de ortodoncia.

**Tabla 1. Características del bracket Dentaurem (dadas por el fabricante). Sistema Edgewise estándar.**

CARACTERÍSTICAS y RECOMENDACIONES DE USO	TAMAÑO DE LA RANURA	FABRICACIÓN
Pulido brillante y cantos achaflanados para protección de labios y mejillas.	.018 pulgadas 022 pulgadas	Aleación de acero inoxidable
Aletas de retención curvadas para una más rápida y fácil aplicación de ligaduras.		
Se ha incrementado en 60% el coeficiente de retención de la malla, comparándolo con otros tipos de brackets		
Por lo general un sistema (Beg, Roth, etc) no puede completarse con otro cuando se pierde un bracket, por lo cual el alambre (arco) no se verá adaptado fielmente, lo cual torna la situación en poco práctica y elevando los costos. Por lo tanto, todos los brackets Edgewise Dentaurem, tienen las mismas medidas en la ranura, pudiéndose combinar entre sí.		
Uso de una sola vez		

Tabla 2. Brackets Ultratrimm para cementado directo

ULTRATRIMM® Brackets standard para cementado directo										
1a Edgewise .022"										
ión	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
l	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ef.	714-0225	713-0225	714-0225	704-0225	705-0225	705-0225	704-0225	714-0225	713-0225	714-0225
ad	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas
	5J	4J	3J	2J	1J	L1	L2	L3	L4	L5
R										
lia	5J	4J	3J	2J	1J	L1	L2	L3	L4	L5
ión	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
e	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ef.	714-0225	713-0225	713-0225	786-0225	786-0225	786-0225	786-0225	713-0225	713-0225	714-0225
ad	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas	10 piezas
de brackets standard cementado directo	1 caso	5 casos	15 casos	50 casos						
	20 brackets	100 brackets	300 brackets	1000 brackets						
	891-221	891-203	891-204	891-205						

Tubos para pegar: págs. 39, 61, 63, 65

## Reciclado de brackets.

El reciclamiento de brackets metálicos de ortodoncia, puede ser de gran ayuda desde el punto de vista ecológico, considerando los altos costos de los metales y su conservación a futuro. Sin embargo, el tipo de reciclamiento que se lleva a cabo en brackets metálicos de ortodoncia no tiene que ver con el hecho de fundir un bracket metálico para fabricar otro nuevo. Reciclar un bracket tiene que ver con eliminar todo el adhesivo remanente en la base del mismo para “re-acondicionarlo” y cementarlo de nuevo.

**Reciclamiento** de brackets fue el término utilizado desde los 80's por Unkel<sup>5</sup>, Regan<sup>10</sup>, Buchman<sup>18</sup>, Hixon<sup>19</sup>, Mascia<sup>20</sup>, Wheeler<sup>21</sup>, Postlethwaite<sup>22</sup>, Rubin<sup>23</sup>, Machen<sup>24</sup>, Coley<sup>25</sup>, Oliver<sup>26</sup>, y Alfaro<sup>27</sup>, llamado más adelante “**re-acondicionamiento**” por Wright<sup>28</sup>, Buchwald<sup>29</sup>, Di Pascale<sup>30</sup>, Basudan<sup>31</sup>, Quick<sup>32</sup>, “**rebonded**” Jassemm<sup>13</sup>, Regan<sup>33</sup>, Egan<sup>34</sup>, Mui<sup>35</sup>, Chung<sup>36</sup> así como **re-**

**uso o re-utilización** por Matasa<sup>37</sup> aunque publicaciones más recientes como la de Salahuddin<sup>38</sup> y Cacciafesta<sup>47</sup> retoman el término **reciclamiento**.

Con el objeto de volver a utilizar un bracket usado, **reciclar** consiste en retirar, a través de un procedimiento térmico y/o químico, el adhesivo remanente de un bracket de ortodoncia, que estuvo previamente cementado al esmalte dentario intra-bucalmente, y que se desprendió. El proceso de reacondicionamiento deberá llevarse a cabo sin dañar ni debilitar la base ni distorsionar las dimensiones propias del bracket<sup>1</sup>.

Postlethwaite<sup>22</sup> reporta que al menos el 75% de los ortodoncistas norteamericanos estaban reciclando brackets de ortodoncia en los inicios de los 90's.

Los brackets frecuentemente deben ser reemplazados durante el tratamiento de ortodoncia debido a una falla de adhesión<sup>31, 32, 34, 35, 38, 39</sup>. El reciclamiento de brackets de ortodoncia es una opción disponible que se torna de *valor clínico cuando el bracket no esté disponible o sea muy caro reemplazarlo*. Quick<sup>32</sup> opina que la mayor ventaja del reciclamiento debería ser el abatimiento de costos, que puede ser casi del 90%, debido al hecho de que un bracket puede ser re-usado hasta por más de 5 veces<sup>37</sup>. Otras ventajas incluyen una mayor resistencia a la corrosión del bracket después del electropulido, y esterilización como resultado de las temperaturas empleadas en el proceso de reciclaje.

Se cuenta con métodos diversos para el reciclado de brackets metálicos de ortodoncia, que pueden realizarse solos o combinados, ya sea por compañías comerciales o por procedimientos en el consultorio. El método dependerá en mucho de la casa comercial y del clínico que lo realice.

Los dos principales **métodos comerciales** de reciclaje de brackets de ortodoncia consisten en el método térmico y el método químico que se describen a continuación:

**Método térmico.** Consiste en calentar los brackets a 454°C durante 45 minutos hasta quemar todo el adhesivo<sup>10, 29</sup>, seguido por electropulido (Esmadent Co., Highland Park, Ill) ó bien la inmersión en un disolvente combinado con vibraciones de alta frecuencia y electropulido superficial (Ortho-Cycle Co., Hollywood, Calif.). Los brackets son entonces colocados en un

disolvente frío y se limpian de manera ultrasónica entre 10 y 15 minutos. Finalmente se electropulen durante 30 ó 40 segundos más.

El electropulido es necesario para eliminar toda mancha de óxido que se haya formado durante la eliminación del adhesivo de la base del bracket, y ayuda a recobrar el brillo necesario.

La temperatura del horno está limitada de acuerdo a las características físicas del metal. El acero inoxidable puede ser calentado entre 400°C y 500°C (750°F a 950°F) antes de que empiecen a perderse las propiedades mecánicas del metal<sup>21</sup>. Más allá de 650°C (1,200°F) el metal pierde el templeado y la aleación de acero inoxidable no podrá ser electropulida para recobrar su lustre original. Un electropulido excesivo, además, hará más grande el tamaño de la ranura donde el arco de ortodoncia se posiciona, lo que llevará a un decremento en la precisión del control del *torque* entre arco y bracket de ortodoncia.

**Método químico.** Se utiliza un solvente junto con limpieza ultrasónica a temperaturas por debajo de los 100°C. Después de hacer esto, los brackets son calentados a 250°C y entonces son sujetos a un procedimiento de electropulido<sup>10, 29</sup>.

## **MÉTODOS PARA SER LLEVADOS A CABO EN EL CONSULTORIO.**

De acuerdo a los problemas sobre el largo tiempo empleado en enviar y recibir los brackets a reciclar así como por la dificultad de reconocer brackets reciclados más de una vez, varias técnicas han sido implementadas con el objeto de vencer las tardanzas asociadas al reciclamiento comercial y con la intención de llevarlas a cabo directamente en el consultorio dental.

Las que más destacan son:

- ***Flameado (quemado) del adhesivo de la base de malla metálica.***
- ***Arenado***
- ***Rayado (abrasión, grabado) en la base del bracket,***
- ***Baño ácido***
- ***Adición de sustancias que pretenden incrementar la retención.***

- **FLAMEADO (QUEMADO)**

El proceso de quemar consiste en aplicar una flama directamente sobre la base del bracket, con el objeto de retirar el adhesivo remanente. Regan<sup>33</sup> reportó un decremento del 41 % en la *Fuerza de adhesión* de brackets quemados, mismo decremento observado en brackets que habían sido solamente rayados con piedra verde. Quemar solamente el bracket parece no proveer real ventaja para el clínico y probablemente puede ser eliminado como un procedimiento de reciclaje adecuado para el consultorio dental<sup>32, 35</sup>.

- **ARENADO**

Los procedimientos pueden realizarse solos ó combinados.

Los brackets, además de ser quemados con un mechero de Bunsen, se templan en agua y son posteriormente arenados (procedimiento de abrasión con aire) utilizando un *arenador* manual en el consultorio dental, para remover el adhesivo de la base de bracket<sup>18</sup> Postlethwaite<sup>22</sup> asegura que, para *reutilizar* un bracket despegado, se requiere de quemar el adhesivo residual con una flama, limpiar el bracket y restaurar el brillo con un microarenador.

La técnica de Quick<sup>32</sup> combina ambos métodos (quemar y arenar). De acuerdo a los resultados de su estudio, los únicos brackets que no tuvieron diferencias significativas con respecto al control fueron aquellos que habían sido quemados y arenados (7.37 MPa). Por ello, para el autor<sup>32</sup> el quemado y el arenado no representan efectos significativos en la *Fuerza de adhesión* con respecto a brackets nuevos y asegura que después del método químico, este es el mejor método de re-acondicionamiento y que se encuentra al alcance del clínico en el consultorio dental.

De la misma manera, Basudan<sup>31</sup> recomienda el quemado y el arenado debido a la simplicidad del método y ahorro de tiempo; concluyendo que el re-acondicionamiento no afecta la base del bracket. Sonis<sup>40</sup> destaca que la abrasión con aire remueve el adhesivo residual de la base del bracket provocando rugosidad y una superficie irregular en dicha base, lo que ayuda a incrementar la retención. El autor encontró que el arenado no afectó significativamente la Fuerza de adhesión. Regan<sup>33</sup> difiere de sus hallazgos, ya

que reporta una significativa reducción en la fuerza de adhesión del 41% después del proceso de arenado.

Grabouski<sup>41</sup> discute también el efecto que el micro arenador produce en la *Fuerza de adhesión* de brackets reciclados, y considera que los cambios pueden ser significativos en virtud de que los bracees re-acondicionados son cementados a dientes previamente grabados.

- **RAYADO CON PIEDRA VERDE**

Consiste en un proceso de *RAYADO* con una fresa o piedra verde directamente sobre la base del bracket con el objeto de incrementar la retención mecánica después del reciclaje. A esto también se le ha dado por llamar “acondicionamiento” de la base del bracket.

Ha sido reportado<sup>42</sup>. que el rayado de un bracket con piedra verde lleva a una mejor y más adecuada superficie cuando la base no cuenta con enrejado e incrementa la capacidad de adhesión del mismo

En su técnica de re-cementado, Mui<sup>35</sup> señala que el uso de una fresa de carburo de tungsteno para re-acondicionar el esmalte al igual que el microarenado de brackets son procedimientos que dan una fuerza de adhesión similar a la de un bracket nuevo. Quick<sup>32</sup> concluye que rayar solamente como procedimiento de re-acondicionamiento utilizando una piedra verde da como resultado una *Fuerza de adhesión* regularmente aceptable.

- **BAÑO ÁCIDO**

Salahuddien<sup>38</sup> propone un método simple, rápido y económico para limpiar un bracket una vez que el adhesivo ha sido quemado. Consiste en sumergir el bracket entre 5-15 segundos en una solución de ácido clorhídrico 32% y ácido nítrico 55% mezclado en una proporción de 1:4. Este procedimiento, disuelve todo el adhesivo residual, remueve cualquier mancha y posee un efecto desinfectante. Se pide que el ácido sea manejado con extrema precaución, y es absolutamente esencial que el bracket sea enjuagado vigorosamente en agua corriente 30-60 segundos después del baño ácido. Para neutralizar los electrolitos residuales, se acompaña de un baño de

bicarbonato sódico. El autor asegura que un bracket que ha sido reciclado con flama y baño ácido luce más como un bracket nuevo que uno que ha sido reciclado usando solamente flama y arenador.

- **ADICIÓN DE SUSTANCIAS QUE INCREMENTAN LA RETENTIVIDAD.**

Varios agentes (*promotores de adhesión*) que mejoran la adhesión han sido aplicados con la intención de incrementar la *Fuerza de adhesión* junto con algún otro método de re-acondicionamiento de brackets de ortodoncia.

Silanizado y arenado juntos pueden incrementar la Fuerza de adhesión. Siomoka<sup>17</sup> encontró que grabar (rayar la base) junto con la utilización de silano, incrementó significativamente la *Fuerza de adhesión* resultante.

Newman<sup>43</sup> destacó que la aplicación de silano incrementaba la fuerza de adhesión de brackets nuevos en aproximadamente 21 %. Quick<sup>32</sup> demostró que hubo un ligero pero insignificante incremento en la *Fuerza de adhesión* del 11% cuando aplicó silano a los brackets que habían sido quemados y limpiados ultrasónicamente.

Han sido probados materiales dentales que se usan como auxiliares para mejorar la adhesión, tales como *Enhance Adhesion Booster* así como *Enhance LC*<sup>34, 36</sup> Fue reportado que dichos materiales fallaron en mejorar la *Fuerza de adhesión* cuando brackets despegados y sus bases fueron rayadas y arenadas. Al ser probado *All-Bond 2* (*Bisco, Schaumburg*) se logró incrementar significativamente la *Fuerza de adhesión* de brackets reacondicionados por el método de arenado, pero no incrementó la *Fuerza de adhesión* de brackets nuevos<sup>36</sup>.



### LOS BRACKETS Y EL RECICLAMIENTO.

El proceso térmico de reciclaje da como resultado una disminución de la rugosidad en la superficie de las bases cuando fueron comparadas con las bases recicladas por el proceso químico<sup>10</sup>. El autor discute la importancia del tipo de base cuando éstas son sujetas a reciclaje térmico y establece que algunos brackets (*Edgeway, Ortho Org, San Mar, Calif.*), pueden llegar a ser desproporcionalmente afectados por éste tipo de reciclaje por lo que, el método térmico de re-acondicionamiento debería estar prohibido para este tipo de brackets. Concluyó además que el reciclar los brackets una sola vez, ya fuera por método químico ó térmico, todas las bases mostraron una reducción significativa en la *Fuerza de adhesión*.

Buchman<sup>18</sup> obtuvo microfotografías que muestran cambios estructurales que ocurren después del tratamiento térmico, los cuales fueron correlacionados con un descenso de la resistencia a la corrosión y la dureza del bracket. Existe una reducción importante de la retención después del reciclado de brackets con base de malla metálica ó base fotograbada, aunque el significado clínico de esto, se desconoce hasta ahora.

Wheeler<sup>21</sup> midió el diámetro del alambre de la malla de las bases recicladas, reportando que la mayoría de las bases mostraron al inicio una reducción en la fuerza de adhesión aunque más adelante el 43% de las mismas incrementaron sus valores. Eso permitió al autor rechazar la hipótesis acerca de que el decremento en la *Fuerza de adhesión* este relacionada con una reducción del diámetro el alambre de la malla. Sin embargo, Wright<sup>28</sup> aseguró que el porcentaje de reducción en la *Fuerza de adhesión* de los brackets probados en su estudio, se debió a la disminución del diámetro del alambre de la malla después del reciclaje. Mascia<sup>20</sup> argumentó que la reducción encontrada (35%) pudo ser debida al procedimiento de electro pulido que sigue a la remoción del adhesivo. Comenta que la pérdida de rugosidad producida durante el electro pulido lleva a algunas compañías comerciales como Ortho-Cycle a utilizar un proceso de grabado adicional en la base del bracket (rayado) para incrementar la adhesión futura después del reciclaje.

### LA RANURA DEL BRACKET.

Es posible que el proceso de reciclaje pueda afectar a los brackets debido a una alteración en su configuración dimensional. La pérdida de material durante el procedimiento de reciclaje reduce el tamaño y la efectividad de los elementos retentivos sobre la base y también alteran el tamaño de la ranura. Hixon<sup>19</sup> llevó a cabo el reciclamiento de brackets usando procedimientos térmicos y químicos no encontrando ningún cambio significativo en el ajuste del arco de alambre en la ranura del bracket después de dos reciclajes sucesivos.

Buchwald<sup>29</sup> emprendió una evaluación *in vitro* de tres-ciclos de brackets reacondicionados. Estos brackets fueron reciclados con el método químico de la compañía Ortho-Cycle y utilizaron bases de malla vaciada y bases micro-lock. Demostró que el efecto de re-acondicionamiento no tuvo influencia clínicamente significativa con respecto al torque y angulación de la ranura del bracket.

Buchman<sup>18</sup> comparó el reciclamiento de brackets metálicos de tres casas comerciales de reciclamiento: *Esmadent*, *OrthoCycle* y *Ortho-Bonding*, con su propio método de quemado, reportando que no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro métodos en términos de cambios en la base y el tamaño de la ranura. Concluyó que los cambios en el torque y en el tamaño de la ranura del bracket después de uno o más reciclamientos, estuvieron por debajo de valores *con significancia clínica*.

Oliver<sup>44</sup> estudió el efecto de tres métodos diferentes de desprendimiento del bracket del esmalte dentario, y su influencia sobre el tamaño y las dimensiones de la ranura del bracket, así como el ajuste del arco de alambre después del d-brackeo. El autor sugiere el uso de un "*slot keeper*" (guardián de la ranura) para asegurar la menor distorsión de la misma a la hora del desprendimiento del bracket. Al discutir sobre las implicaciones de los brackets reciclados, reportó que el incremento en las dimensiones de la ranura (7%) tendría una repercusión clínica en función de pérdida de la efectividad de la capacidad de torque del arco de alambre. Asegura el autor que al ser

reciclados los brackets, se puede llegar a tener un aumento en las dimensiones de la ranura de al menos 0.038 mm dando por consiguiente una pérdida en la efectividad del ajuste del alambre.

## **CORROSIÓN**

Cuando se somete la aleación a una atmósfera oxidante tan suave como el aire limpio, se forma sobre su superficie una capa de óxido, transparente pero resistente e impermeable<sup>4</sup>. Esta capa protectora impide la pigmentación y la corrosión posterior, pero si se rompe por un medio mecánico o químico, se pierde la protección contra la corrosión

La corrosión de brackets metálicos de ortodoncia, atrajo la atención de investigadores cuando aparecieron óxidos negros y verdes en brackets de acero inoxidable. La corrosión que ocurre en áreas de unión puede deberse al tipo de aleación de acero inoxidable, aunque existen otros factores tales como la acción galvánica, el diseño de la base del bracket, su fabricación, el medio bucal en particular y la influencia del reciclaje térmico<sup>45</sup>.

Buchman<sup>18</sup> reportó que su método de reciclamiento, así como el de la compañía Ortho-Bonding, ocasionaron una pérdida de ferromagnetismo en los brackets reciclados y aunque la cantidad de cambios dimensionales en los brackets resultó mínima, los cambios en la micro estructura metálica, sugieren susceptibilidad a corrosión metálica. El autor menciona que, mantener el acero a una temperatura por arriba de los 450°C causa la precipitación de elementos con un empobrecimiento de cromo, dando lugar a mayor susceptibilidad la corrosión<sup>18</sup>

Existen discrepancias ya que, mientras Quick<sup>32</sup> considera que reciclar incrementa la resistencia a la corrosión del bracket después del electropulido, Buchman<sup>18</sup> Postlethwaite<sup>22</sup> y Majjer<sup>39</sup> difieren, ya que ellos insisten en que reciclar disminuye la resistencia a la corrosión.

Estudios han probado brackets nuevos que nunca habían sido utilizados previamente en la boca de un paciente lo que deberá ser considerado como una variable más en estudios futuros por desarrollar<sup>46</sup>.

## EL RECICLAMIENTO Y LA INFORMACIÓN AL PACIENTE.

Coley<sup>25</sup> presentó el resultado de una encuesta que se aplicó a ortodoncistas británicos sobre la práctica de reciclamiento de brackets de ortodoncia. Se encuestaron tanto especialistas de práctica privada como estudiantes de ortodoncia. Los participantes fueron elegidos de manera aleatoria y todas las respuestas fueron anónimas. Algunas preguntas tuvieron que ver con el reciclamiento que se lleva a cabo en casas comerciales así como con reciclamiento realizado por el clínico en su consultorio dental.

El 90% de ortodoncistas contestó la encuesta, lo que significó para el autor que existía alto grado de interés sobre el tema del reciclamiento. Los resultados sugirieron que aproximadamente la mitad de los ortodoncistas británicos estaban reciclando brackets metálicos y que la práctica era más popular entre los especialistas de consulta privada que entre los mismos estudiantes de ortodoncia. En general los de práctica privada preferían casas comerciales para reciclar, y solamente tres de ellos contaban con su propia máquina recicladora ("*Big Jane*" de *Esmadent*<sup>47</sup>). Las compañías comerciales mencionadas fueron tanto de la Gran Bretaña como de USA, y dieron cuenta que algunas firmas británicas solo actuaban como agentes intermediarios para compañías norteamericanas. Respondieron que reciclar no se hacía por cuestiones solamente financieras.

El autor<sup>25</sup> reporta que 48 % de los encuestados que practican consulta privada, reciclaban brackets de acero inoxidable solo una vez, mientras que el 39% de ellos desconocía el número de veces que reciclaba el mismo bracket. Por su parte 21% de estudiantes de ortodoncia reciclaban solo una vez y 20% reciclaban más de tres veces; el 44% desconocía el número de veces que reciclaba. La conclusión más importante del autor consiste en que el problema de la práctica de reciclamiento se basa en una falta de ética, ya que la mayoría de los ortodoncistas no informaba a su paciente (sólo el 7 % daba a conocer al paciente sobre el reciclamiento).

## ADHESIÓN, UNIÓN.

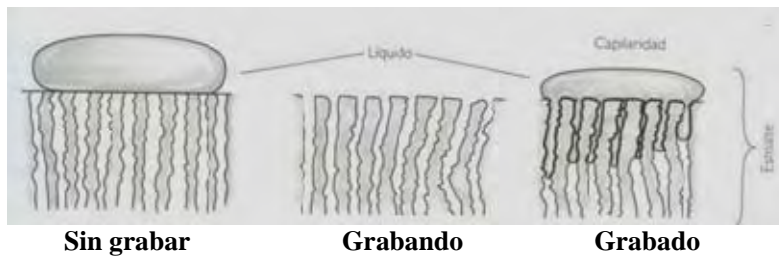
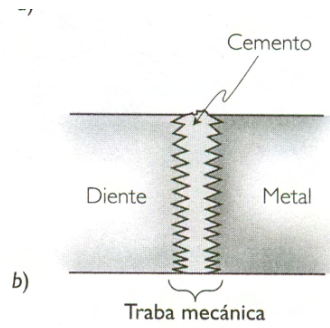
La adhesión es el proceso de unir íntimamente dos superficies, con la mayor fuerza y durante el mayor tiempo posible<sup>48</sup>.

ISO 11405 define adhesión como “*el estado en el cual dos superficies son mantenidas en unión por fuerzas físicas o químicas o ambas con la ayuda de un adhesivo*”. Adhesivo “*es el sustrato capaz de mantener materiales unidos*”<sup>49</sup>.

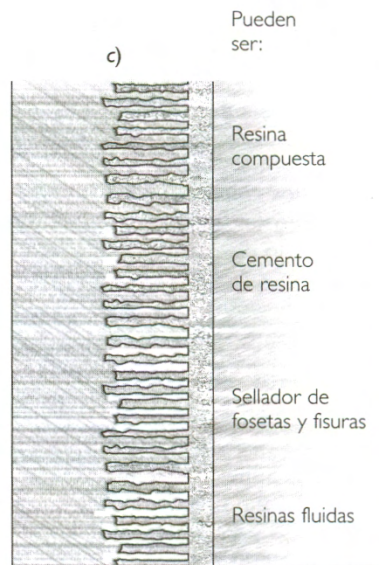
**Cohesión y adhesión.** Fuerzas intermoleculares hacen que los átomos o moléculas se atraigan y permanezcan unidos. Las fuerzas de atracción pueden ser de naturaleza física o química. Las físicas se dan por fuerzas de Van der Waals, cuando la cercanía entre las molécula es pequeña. Si las moléculas que se atraen son de la misma naturaleza, la fuerza de atracción se llama **cohesión** como es el caso de dos gotas de agua que al tocarse forman una de mayor tamaño<sup>48</sup>. **Adhesión** es la unión de dos superficies de distinta naturaleza, **cohesión** es la unión de dos superficies de la misma naturaleza.

Cuando dos sustancias están en contacto íntimo, las moléculas de una se *adhieren* o insertan en las moléculas de la otra. Esta fuerza se denomina **adhesión** y se refiere al hecho de que moléculas diferentes se atraen. Phillips<sup>4</sup> establece que el material o película que se agrega para producir adhesión se llama **adhesivo**; al que se aplica, *adherente*.

**Retención mecánica.** En odontología existe un tipo de unión llamada mecánica, que se da cuando un adhesivo se adhiere a través de fuerzas de Van der Waals tanto a la superficie del esmalte como al aditamento (bracket) que se va a fijar. Esta retención mecánica ocurre cuando el adhesivo, al endurecer queda atrapado entre las irregularidades de los adherentes por un lado del esmalte grabado y por el oro en malla del bracket y evita que éstos se separen<sup>48</sup>.



**Figura 4. El grabado y la adhesión.**  
 Tomado de: Barceló<sup>48</sup> "Materiales Dentales".



El adhesivo fluido entra en los espacios creados, logrando la unión micromecánica al polimerizar

Adhesivos

Los materiales a base de resina se unen al adhesivo logrando la unión con el esmalte

**Figura 5. El grabado y la adhesión.**  
 Tomado de: Barceló<sup>48</sup> "Materiales Dentales".

Cuando la retención ocurre por socavado, incluye el mecanismo refinado de penetración del adhesivo en irregularidades microscópicas (surcos y poros) de la superficie del sustrato. Un adhesivo líquido, fluido o semi-viscoso es adecuado para éste procedimiento, ya que penetra en los accidentes de la superficie, dando lugar a que, después del endurecimiento, la cantidad de proyecciones adhesivas fijas (“*tags*”) que penetraron la superficie adherente grabada (socavada) suministre las bases para la inserción o **retención mecánica**.

### **GRABADO ÁCIDO.**

Como la resina no tiene capacidad de adherirse a la estructura dental, el esmalte adyacente deberá tratarse con ácido durante un periodo determinado de tiempo, antes de la inserción del adhesivo. A ésta técnica se le denomina "**grabado ácido**"<sup>4</sup>.

Buonocore<sup>50</sup> en 1955 demostró el aumento de la adhesión producida por el pre-tratamiento del esmalte dentario con ácido fosfórico al 85%. Esto consistía en *atacar* (grabar) la superficie del esmalte para provocar microporosidades que permitieran la retención mecánica entre el esmalte dentario y un aditamento por adherir.

Para 1965, con el advenimiento de la adhesión con resinas epóxicas<sup>51</sup>, Newman comenzó a aplicar estos hallazgos para adherir directamente al diente aditamentos ortodónticos (brackets). Newman<sup>52</sup> publica sobre sus primeros intentos en el cementado directo de brackets y establece que fue el primero en hacerlo, ya que menciona que acondicionó dientes y cementó brackets directamente al esmalte desde 1950. Los adhesivos que utilizó fueron primeramente del tipo acrílico, y el ácido grabador variaba de 40% a 50% de concentración en ácido fosfórico. Más adelante utilizó otro tipo de adhesivos y concluyó que trabajaban particularmente bien cuando se usaban con brackets metálicos. Estableció que a pesar de haber estado cementando brackets desde finales de los 50's, la aceptación por parte de los ortodoncistas fue evidente hasta finales de los años 70's.

A principios de la década de los 70's fueron publicados informes preliminares sobre diversos sistemas de adhesión disponibles en el mercado. Fue en 1977 cuando Zachrisson<sup>53</sup> publicó la primera evaluación postratamiento de la adhesión directa, en una muestra numerosa de pacientes. Es precisamente este autor de los más prolíficos en investigaciones en cuanto a adhesión de brackets y las principales características metodológicas necesarias para llevar a cabo el procedimiento con el mayor éxito posible<sup>7, 53</sup>.

Con aceptable éxito, aprovechando los hallazgos de Buonocore<sup>50</sup>, en la década de los 80's se inició en México el uso de los "*mesh brackets*", los cuales serían unidos directamente al esmalte dentario ("*direct-bonding*") en lugar de ir soldados a bandas metálicas. La adhesión mecánica que se logra después de acondicionar el esmalte con un ácido ocurre porque se genera, a través del ataque ácido, una interfase de unión entre el adhesivo y el esmalte grabado superficialmente. La fuerza de adhesión depende de la unión entre el adhesivo utilizado y la superficie del esmalte, donde la adhesión mecánica que se alcanza cuando la resina penetra dentro del esmalte grabado es de primordial importancia.

El grabado convencional con ácido fosfórico produce disolución de gran parte de la superficie del esmalte lo que permite la adhesión mecánica para la unión de brackets de ortodoncia. Deberá tenerse extremada precaución en no *grabar demasiado* para no inducir efectos iatrogénicos, incluyendo la formación de grietas, rasguños y remoción de partes del esmalte dentario cuando se graba en exceso. El ácido produce poros microscópicos en la superficie del esmalte por los cuales fluye la resina cuando es colocada. Después del endurecimiento del adhesivo dentro de la perforación, las proyecciones de resina mejoran la retención mecánica, aumentando la fuerza de adhesión de un bracket de ortodoncia cementado directamente al esmalte dentario. La técnica de grabado ácido es un ejemplo de unión entre un material y la estructura dental, que se obtiene mediante procesos mecánicos, y no solo por adhesión molecular.



### **Adhesión en ortodoncia.**

Una declinación del inglés “adaptada” al español en México desde los años 70s fue la palabra *bondear* se refería al procedimiento de “pegar”, cementar o unir el bracket al diente a través de un medio de enlace llamado *adhesivo*. El adhesivo consiste en el material o película (resina) que se utiliza para producir adhesión.

Casi todos los sistemas de resinas odontológicas actuales suelen estar integradas por la fórmula básica de la familia de las resinas epóxicas<sup>4</sup>. Fue Bowen<sup>54</sup> quien introdujo en 1963 la matriz de la resina BIS-GMA (bisfenol A-glicidilmetacrilato) y su moderada acción de relleno.

Inicialmente las resinas epóxicas consistían en sistemas de dos o mas pasos. Había que mezclar pasta-pasta o bien pasta-líquido. Por los años 70's los fabricantes agregaron dos variantes a las resinas compuestas: por un lado un activador fotosensible para polimerización química al adhesivo inicial que servía de catalizador y por otro se incorporó un activador fotosensible que dio paso al proceso de fotopolimerización del adhesivo que ha ido desplazando del mercado a los adhesivos inicialmente autopolimerizables. La intención y ventaja de los sistemas de un solo paso fue llegar al ahorro en el tiempo de mezclado y sobre todo de la mejoría en la *Fuerza de adhesión*.

Con la constante evolución de los materiales dentales y con el objeto de mejorar el producto y hacerlo *más fuerte*, se han hecho intentos por lograr un de-brackeado (debondeo<sup>\*\*</sup>) más fácil que permita además que la mayor parte del adhesivo se quede en el bracket con la idea de proteger al esmalte dentario para permitir además la posibilidad de limpiarlo más rápido y sin riesgos de daño para el mismo.

---

<sup>\*\*</sup> (N de la a.) “de-brackeo, debondeo”.- consiste en llevar a cabo el desprendimiento del bracket cementado al diente. Puede ocurrir de manera autónoma, o por el clínico a través de la utilización de pinzas para desprender.

Bishara<sup>55</sup> realizó un estudio utilizando tres tipos diferentes de adhesivos, los cuales incluyeron: fijación tradicional, fijación mediante grabado, y colocación con ionómero de vidrio. Los resultados demostraron menor resistencia al desprendimiento utilizando cementación de un solo paso con resina *Composite* (3 MPa), obteniendo resultados *regulares* en el uso de ionómero de vidrio (7 MPa) y la mejor resistencia (10 MPa) cuando utilizaron resina de sistema multipasos.

Los resultados<sup>55</sup> no coincidieron con los reportados por López & Palma<sup>9</sup> ya que en su estudio, las cifras reportadas para brackets unidos a esmalte grabado con el método convencional, fueron similares a los obtenidos con esmalte tratado con adhesivo de un solo paso cuando se usó una base de bracket con malla.

Con respecto a las discusiones sobre la influencia del tamaño de las partículas de relleno del adhesivo para cementar brackets. Ferguson<sup>56</sup> comparó diferentes tipos de bases de brackets, mallas vaciadas, brackets integrales y fotograbado reportando que las bases integrales no eran tan retentivas y que la fuerza de adhesión de las bases variaba de acuerdo al adhesivo utilizado. Estos hallazgos más tarde confirmaron el trabajo de Buzzita<sup>12</sup>, quien demostró que un adhesivo con un tamaño de partículas de relleno más finas posiblemente permitía mayor penetración en la malla ofreciendo con ello mayor resistencia.

## SISTEMA ARI DE ÁRTUN Y BERGLAND

La utilización de *Crystal Growth* en lugar de ácido ortofosfórico al 37% pretendía ofrecer una alternativa para la adhesión de brackets de ortodoncia que podría combinar una óptima fuerza de adhesión con un fácil y rápido de-brackeo. Fue mostrado por Smith<sup>57</sup> que el ácido llamado *Crystal Growth* producía un ligero grabado en la superficie del esmalte sugiriendo una superficie cristalina que “inducía el crecimiento de cristales” lo que pegaba firmemente al adhesivo con la superficie del esmalte (resistiendo la remoción mecánica).

El valor potencial de esta interfase cristalina como entrelazado mecánico para adhesión de brackets de ortodoncia fue probado también por [Maijer<sup>58</sup>](#), quien reportó “*la máxima densidad en longitud de cristales creciendo en forma de aguja sobre la superficie del esmalte*”. Sin embargo, en los hallazgos, la adhesión que ellos encontraron no fue lo suficientemente fuerte. Sin embargo si se consiguió el objetivo buscado, ya que se logró un limpiado fácil de la superficie del esmalte utilizando un escariador y pasta pómez para ello.

### ÍNDICE DE ADHESIVO REMANENTE Sistema ARI

Årtun y Bergland<sup>59</sup> retoman lo hallazgos de [Smith<sup>57</sup>](#) y [Maijer<sup>58</sup>](#), e implementan un estudio cuyo propósito fue el de comparar dos métodos de grabado del esmalte para establecer si de-brackear se volvía más fácil y rápido con el uso de *Crystal Growth* que con el uso de ácido ortofosfórico al 37%. Aplicaron además dos métodos diferentes de desprendimiento de brackets y, determinaron los porcentajes de falla encontrados con relación al número de brackets perdidos. Los autores otorgan en su estudio un gran peso a la interfase de desprendimiento.

Establecieron que el porcentaje de falla que encontraron fue significativamente más alto con el uso de *Crystal Growth* como grabador que cuando usaron ácido fosfórico al 37%, ya que casi todos los brackets se perdieron durante las primeras dos semanas de tratamiento.

Otra de las conclusiones a las que llegaron fue que después de grabar con ácido fosfórico al 37%, y especialmente cuando retiraban los brackets con la técnica **S** (con una pinza Weingart apretaban las alas del bracket ejerciendo una fuerza de “arrancamiento”), observaron que casi todo el adhesivo se quedaba sobre el diente de tal manera que la huella de la malla del bracket era *fácilmente visible* en la superficie del esmalte. Bajo esta perspectiva y de acuerdo a los resultados publicados en su estudio propusieron que la técnica **P** (utilizando una pinza para remoción de brackets que aplica una fuerza de desprendimiento en “corte” transmitida directamente a la unión de la base del

bracket con el esmalte), era la mejor y más adecuada para retirar brackets en relación a la cantidad de adhesivo remanente dejado.

De acuerdo a las necesidades del método y con el propósito de justificar los porcentajes de falla encontrados con relación al número de brackets perdidos, Ártun y Bergland<sup>59</sup> implementaran el **Sistema ARI (Adhesive Remnant Index System)** por sus siglas en inglés, con el objeto de evaluar la cantidad de adhesivo remanente sobre el diente después del desprendimiento y determinar el sitio donde había ocurrido la falla de adhesión.

Este sistema ó Índice fue desarrollado sobre las bases de un estudio piloto de 20 dientes extraídos y los criterios textuales establecidos por los autores fueron los que se muestran en la [tabla 3](#).

**Tabla 3. Criterios de Ártun y Bergland\* , para la aplicación de ARI.**

REGISTRO ( <b>Score</b> )	DESCRIPCIÓN
0	ningún remanente de adhesivo dejado <a href="#">en el diente</a>
1	menos de la mitad del adhesivo dejado <a href="#">sobre el diente</a>
2	más de la mitad del adhesivo dejado <a href="#">sobre el diente</a>
3	todo el adhesivo dejado <a href="#">sobre el diente</a>

\*Ártun J, Bergland S<sup>59</sup>. *Am J Orthod*. 1984

Los autores están de acuerdo en que el sistema ARI “es en gran parte una evaluación subjetiva que no puede ser usada para calcular el adhesivo remanente de manera **cuantitativa**, pero si clínica”.

Aseguran que el Sistema ARI es de gran valía para evaluar su estudio y aseguran que está sustentado en índices similares (propuestos con anterioridad) los cuales habían sido utilizados en investigaciones como la de Zachrisson<sup>7</sup> sobre todo cuando se trataba de problemas clínicos.

Millett<sup>60</sup> en su estudio sobre cementos para bandas, propone una modificación al Sistema ARI original. La diferencia de la propuesta radica en que, de acuerdo a los objetivos de su investigación, modifica los criterios del Índice, ya que experimenta en **bandas de ortodoncia** no brackets como Årtun y Bergland<sup>59</sup> e insiste de nueva cuenta en la importancia de establecer el sitio de la falla, ya fuera que ocurriera en la interfase cemento-esmalte ó cemento-banda una vez que la banda había sido removida de la corona del diente.

Los criterios que Millett<sup>60</sup> propone son muy semejantes al original, y se muestran textuales en la [tabla 4](#):

**Tabla 4. Criterios de Millett\*, para aplicar ARI de Årtun y Bergland.**

CODIFICACIÓN ( <i>code</i> )	DESCRIPCIÓN
0	ningún remanente de <b>cemento**</b> sobre la superficie del diente.
1	menos de la mitad de la superficie de la corona por debajo de la banda cubierta por <b>cemento</b>
2	más de la mitad de la superficie de la corona de la corona por debajo de la banda cubierta por <b>cemento</b>
3	toda la superficie de la corona por debajo de la banda cubierta por <b>cemento</b>

\* *Millett DT<sup>60</sup> y cols. Am J Orthod Dent Orthop. 2003*

\*\**cemento para bandas de ortodoncia*

Para los especímenes probados en el estudio<sup>60</sup> el punto de falla, ocurrió predominantemente en la interfase esmalte-cemento, lo que concuerda con resultados de estudios previos en los que utilizaron el mismo tipo de bandas micro-grabadas<sup>61</sup>. En su estudio, la cantidad de cemento remanente sobre el esmalte después del de-bandeo difirió significativamente cuando fueron utilizadas bandas cementadas con Fuji Ortho a las que fueron cementadas con Ketac-Cem. Casi todas las bandas cementadas con Fuji Ortho tuvieron una calificación de cemento remanente **1** indicando que MENOS de la mitad de la superficie de la corona por debajo de la banda estaba cubierta con cemento.

Millet<sup>60</sup> concluye que la cantidad de cemento remanente sobre el diente después del de-bandeo difirió significativamente entre las bandas cementadas ya fuera con resina modificada o con cemento de ionómero de vidrio convencional, y establece que, sobre las bases de los hallazgos de su estudio, la limpieza del esmalte después del de-bandeo puede ser ligeramente más rápida si las bandas son cementadas con Ketac-Cem más que con cualquiera de los otros cementos.

En 2005, Quick<sup>32</sup> aplica en su estudio el Sistema ARI modificándolo de nueva cuenta respecto al *originad* de Årtun y Bergland<sup>59</sup> con el objeto de aplicarlo en brackets **reacondicionados** de ortodoncia. Propone una *nueva* codificación sobre los criterios del Sistema ARI original con el objeto “de hacerlo *mas sensitivo*”, según palabras del mismo autor, sobre todo en el rango donde la cantidad de remanente en el bracket se mostraba como mínimo. Los criterios textuales se muestran en la [tabla 5](#):

**Tabla 5. Criterios de Quick\*, para aplicar ARI de Årtun y Bergland.**

REGISTRO ( <b>Score</b> )	DESCRIPCIÓN**
1	ningún adhesivo sobre el bracket
2a	menos del 10% de la base** cubierta con adhesivo
2b	menos del 25% de la base cubierta con adhesivo
3	25-50% de la base cubierta con el adhesivo
4	50-75% de la base cubierta con el adhesivo
5	75-100% de la base cubierta con el adhesivo

\* Quick AN y cols<sup>32</sup>. *Eur J Orthod*. 2005

\*\* sobre la base del bracket

Cuando comparamos el ARI original de Årtun y Bergland<sup>59</sup> con el propuesto por Quick<sup>32</sup>, podemos observar que la diferencia de criterios estriba en que en el original se califica el remanente del adhesivo dejado **en el diente**, mientras que Quick<sup>32</sup> lo define **en la base** del bracket.

Quick<sup>32</sup> reporta que de acuerdo a la cantidad de adhesivo remanente sobre la base del bracket después del desprendimiento, en la mayoría de los casos se observó la categoría 2b lo cual, ilustra que la adhesión entre el adhesivo y la superficie del diente fue adecuada y concluye que el sitio de desprendimiento primario ocurrió predominantemente en la interfase base-adhesivo.

### **Análisis de la falla en las superficies.**

El propósito de la investigación de Valletta<sup>62</sup> fue el de medir *Fuerzas de adhesión* de brackets de ortodoncia cementados a esmalte humano en un estudio comparativo *in-vitro/in-vivo* donde el desprendimiento se llevó al cabo en varios momentos. Para determinar ARI, utiliza microscopio óptico. La cantidad de adhesivo remanente en el sustrato del esmalte dentario fue cuantificado de la siguiente manera:

**Tabla 6. Criterios de Valletta\*, modificado del original de ARI de Årtun y Bergland.**

REGISTRO ( <b>Score</b> )	DESCRIPCIÓN**
1	TODO el adhesivo sobre la superficie del esmalte**
2	MÁS del 90% del adhesivo en la superficie
3	del 10-90% del adhesivo en la superficie
4	MENOS del 10% del adhesivo en la superficie
5	NINGÚN remanente de adhesivo en la superficie completa transferencia del adhesivo a la base del bracket

\* Valletta y cols.<sup>62</sup>, *Eur J Orthod.*2007

\*\* se puede observar una clara huella de la malla del bracket en la superficie del esmalte.

Valletta<sup>62</sup> modifica de nueva cuenta el ARI original de acuerdo a los propósitos de su protocolo. Concluyó que los valores en la *Fuerza de adhesión* no son dependientes del periodo y que los valores de *Fuerza de adhesión*

resultantes fueron tan altos que podrían ocasionar lesiones en el esmalte durante el desprendimiento.

En la literatura podemos encontrar innumerables aplicaciones de ARI, el cual es generalmente aplicado de acuerdo al protocolo de cada autor. En México Flores y cols.,<sup>63</sup> aplican **ARI** en un estudio sobre adhesión de brackets metálicos utilizando ionómero de vidrio con y sin grabado previo del esmalte: Los criterios de ARI que ellos aplican son:

**0**, ningún agente cementante (*bonding agent*)\* dejado en el diente

**1**, menos de la mitad del agente cementante dejado en el diente

**2**, mas de la mitad del agente cementante dejado en el diente

**3**, todo el agente cementante dejado en el diente

Con el objeto de subrayar la presencia de todo el agente cementante dejado en el diente, así como en el bracket, fue agregada otra categoría al índice: fractura cohesiva del material cementante.

Como se puede observar, Flores y cols.,<sup>63</sup> implementan ARI respetando en general la propuesta original, proponiendo modificaciones de acuerdo a los propósitos de su estudio (fractura cohesiva). De acuerdo a la cantidad de *agente cementante remanente*, reporta que ANOVA indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (P=1.000).

Faltermeier<sup>64</sup> aplica ARI respetando el original con calificaciones de 0 a 3; sin embargo, establece los criterios de la siguiente manera: 0, ningún adhesivo sobre el esmalte; 1, <50% adhesivo sobre el esmalte; 2, >50% adhesivo sobre el esmalte; 3, 100% adhesivo sobre el esmalte.

De la misma manera, Bulut<sup>65</sup>, agrega en los criterios de ARI el establecimiento del sitio de la **falla entre adhesivo y esmalte** (*score 0*), así como entre **adhesivo y bracket** (*score 3*)

---

\* *bonding agent* es definido de la misma manera por Cacciafesta<sup>47</sup>



## MAQUINA INSTRON.

La máquina de pruebas universales Instron es un aparato que se utiliza, para llevar a cabo pruebas de remoción mecánica y determinar (medir, calcular) la resistencia al desprendimiento de un espécimen dado.

Esto se logra a través de la aplicación de cargas verticales (tensión, compresión, torca, corte), para lo cual los especímenes para experimentación son montados en la máquina de pruebas de acuerdo a modelos (métodos) pre-establecidos, aplicando la fuerza con una velocidad que puede ir de 0.5 mm/minuto<sup>62, 66, 67</sup> a 1 mm/minuto<sup>63, 64, 65</sup> hasta lograr el desprendimiento.

Como unidades de medición, el estándar<sup>49</sup> recomienda el uso del sistema internacional (MPa), para lo cual es indispensable conocer el área de la base del bracket.

Årtun y Bergland<sup>59</sup> consideran, que las pruebas en el laboratorio sobre resistencia al desprendimiento pueden ser estandarizadas en dos direcciones: corte (*shear*) y tensión (*tensile*) y aseguran que factores tales como la curvatura de la superficie del esmalte pueden influir definitivamente en los resultados.

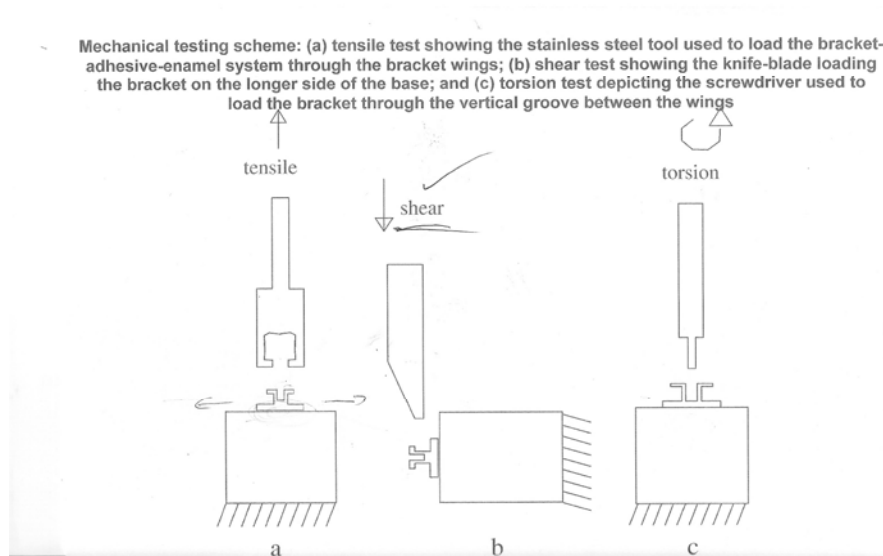
Millett<sup>60</sup> menciona que “jalar” la banda afuera diente en el sentido de una fuerza orientada verticalmente no se trata de una prueba de solamente de *shear testing*. De acuerdo a la forma convexa de la corona del molar y su proximidad con la banda de ortodoncia, una carga vertical generará una combinación de corte (*shear*), compresiva, y tensil (*tensile forces*). Por dicha razón el autor utilizó el término “fuerza retentiva” a los datos obtenidos en su estudio.

Quick<sup>32</sup> establece que la fuerza de adhesión debe ser descrita no solo como *shear* sino como “*shear peel*”, ya que –menciona- que de acuerdo al tipo de fuerza aplicada en la máquina de pruebas, la que actúa a través de un brazo de palanca, genera un esfuerzo de tensión, que tiende a “despegar” el bracket fuera del diente.

El tipo de prueba empleado de acuerdo a la carga que se aplica en la máquina así como el modo (*the tensile, shear, shear peel and compressive mode*) será determinante en los resultados encontrados. No se obtienen los

mismos datos aplicando una carga de fuerza en corte (“cizaña”), que aplicando otra que “arranque hacia afuera”.

Independientemente del modo, todas las cargas conllevan finalmente al desprendimiento<sup>60</sup>.



**Figura 6. Esquema de prueba mecánica.**  
Tomado de: Valletta R<sup>62</sup>. Eur J Orthop, 2007

La Especificación Técnica ISO 11405<sup>49</sup> fue elaborada explícitamente para materiales dentales de adhesión restaurativos, especialmente para llevar a cabo pruebas en dentina, y está formulada para situaciones que tienen que ver con **control de calidad y derechos de patentes**. No menciona brackets de ortodoncia ni adhesivos para ellos. Aclara que “*no es su intención recomendar pruebas específicas para cada tipo de material*”, pero **si** sugiere requerimientos críticos para el uso de la maquina de pruebas universales:

- Montaje de los dientes (especímenes de prueba).
- Uso de materiales rígidos con el objeto de evitar la deformación elástica (o desplazamiento).
- Alineamiento del espécimen, para las pruebas *the tensil mode*.
- Facilidad para aplicar una carga considerando el área claramente definida del espécimen, así como asegurar la exacta posición del mismo durante la aplicación de la carga hasta que ocurra el desprendimiento, para las pruebas de cizalla (corte). Evitar la fricción durante el movimiento de la aplicación de la carga.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*“Lo mas importante es no dejar de hacer preguntas”  
Einstein*

Es posible que la utilización indiscriminada de brackets reciclados de lugar a problemas clínicos, sobre todo para aquellos profesionales que no lo manejen desde un punto de vista ético, de control de calidad y efectividad clínica.

La importancia clínica radica en el hecho de que el bracket elegido para ser reciclado deberá ser sabiamente seleccionado y conocer de antemano si el reciclamiento comprometerá o no la **Fuerza de adhesión**, generando el riesgo de que la re-cementación torne al bracket significativamente más susceptible a sufrir nuevamente desprendimiento.

Consideramos que en México el reciclamiento de brackets metálicos de ortodoncia es una práctica manejada relativamente a *obscuras*; que no se está realizando de manera adecuada. De acuerdo a los efectos del reciclamiento y tomando como característica particular la técnica a través de la cual los brackets fueron desprendidos del esmalte dentario, se formulan las siguientes preguntas:

*¿Qué diferencia hay entre reciclar brackets desprendidos **solos** o por **pinzas**?*

*¿La ventaja de reciclar no se pierde en virtud de que el bracket reciclado se torna **más susceptible a sufrir desprendimiento** en su re-adhesión al esmalte dentario?*

Es muy común que los odontólogos *“innoven”* técnicas en su consultorio convidados por sus colegas. Se espera que el presente estudio sustituya la autoridad del comentario del colega por la evidencia científica<sup>68</sup> que se obtiene a través de la investigación, de manera que hallazgos de investigaciones relevantes ayuden al ortodoncista en la toma de las decisiones clínicas.

## IV. JUSTIFICACIÓN.

Con frecuencia el ortodoncista se enfrenta a la pérdida indeseada de brackets durante el tratamiento de ortodoncia por lo que parece sencillo y adecuado reciclar a los mismos.

La información sobre reciclamiento pareciera inconsistente. A veces resulta incluso contradictoria; depende mucho del autor que lo justifica así como de otros que no están de acuerdo en hacerlo. En los reportes investigación hay quienes están a favor y otros que difieren, por lo que continúan serias lagunas en el aspecto teórico por discutir:

Se justifica entonces la necesidad de llevar a cabo estudios para simular pruebas mecánicas en laboratorios de investigación que puedan ayudarnos a llegar a conclusiones más certeras sobre el comportamiento de los brackets una vez que han sido utilizados clínicamente (tomando como característica principal la manera en que fueron desprendidos del esmalte dentario) y expuestos a un proceso de reciclamiento térmico, con la idea fundamental de concluir qué tan conveniente es utilizar brackets reciclados en función de la significancia estadística y clínica en cuanto a los datos de *Fuerza de adhesión* hallada y discutir los aspectos profesionales y éticos que el re-uso del brackets reacondicionados genera.

Consideramos de importancia definir **materiales y métodos** para ponerlo a disposición si no se conoce, o a discusión *si ya es conocido*, con el objeto de que futuras investigaciones sobre el tema permitan comparar los resultados de un mismo investigador y entre otros investigadores con mayor exactitud.

## V. OBJETIVOS.

### OBJETIVO GENERAL.

Determinar la *Fuerza de adhesión* de brackets reciclados, tomando como característica particular la influencia de la forma en que fue desprendido del esmalte dentario.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Determinar la fuerza de adhesión a esmalte de un bracket Dentaaurum estándar **nuevo** nunca reciclado ni utilizado clínicamente.
2. Determinar la fuerza de adhesión a esmalte de un bracket Dentaaurum estándar reciclado una sola vez por el método térmico, usado clínicamente, que fue **desprendido con pinzas**.
3. Determinar la fuerza de adhesión a esmalte de un bracket Dentaaurum estándar reciclado una sola vez por el método térmico, usado clínicamente, que fue **desprendido solo** con la fuerza de la masticación.
4. Comparar los datos de fuerza de adhesión entre brackets nuevos y brackets reciclados para determinar la significancia estadística.
5. Determinar el porcentaje de reducción en las *fuerza de adhesión* obtenidas.
6. Comparar la significancia estadística con la significancia clínica.
7. Discutir el efecto del reciclamiento sobre la *fuerza de adhesión*.
8. Determinar el sitio de la falla adhesiva a través del Sistema ARI modificado.
9. Concluir sobre la relevancia y alcances de la investigación.

## VI. HIPÓTESIS.

### HIPÓTESIS NULA.

"La fuerza de adhesión de brackets que se desprendieron **solos o por pinzas** cuando han sido reciclados y re-cementados **es igual** a la de los brackets **nuevos**."

### HIPÓTESIS DE TRABAJO

"La fuerza de adhesión de brackets que se desprendieron **solos o por pinzas** cuando han sido reciclados y re-cementados **es menor** a la de los brackets **nuevos**."

## VII. METODOLOGÍA

### a. Tipo de Estudio.

Prospectivo, Transversal, Comparativo y Experimental.

### b. Variables:

- Definición.
- Operacionalización
- Número de grupos a comparar
- Escalas de Medición.

#### **Variable dependiente:**

**"Fuerza de adhesión del bracket reciclado"**

#### **Definición**

Esfuerzo requerido para desprender el bracket del espécimen durante la prueba. Corresponde a la variable de nuestro estudio (lo que se va a medir), y se define como **Fuerza de adhesión**.

#### **Operacionalización:**

Una vez adherido el bracket al esmalte del diente de prueba, se montó el espécimen en la máquina de pruebas universales Instron 5567. La fuerza (*shear mode*) se aplicó utilizando una velocidad de carga de 1.0 mm/minuto **hasta lograr el desprendimiento del bracket**.

La **Fuerza de adhesión** fue calculada a través del software de la máquina de pruebas (*Mega-pascales*), utilizando el dato del *área de la base*.

**Número de grupos a comparar.**

Consistió en 3 grupos de experimentación: **nuevos**, desprendidos **solos** y por **pinzas**.

**Escala de medición.**

Se trata de una variable dependiente *de relación*, paramétrica, cuantitativa normal continua (de razón).

Se llevó a cabo el análisis de varianza de una vía (ANOVA), para determinar el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación sobre **Fuerza de adhesión** encontrada, con el objeto de establecer las diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de brackets de estudio, con un nivel de significancia de **p< 0.05**

**Variable independiente:**

**"forma de desprendimiento del bracket**

**Definición**

Desprendimiento consiste en la separación física (falla de adhesión, fractura) del bracket adherido al esmalte dentario cuando se aplica una fuerza.

Existen dos procedimientos de separación del bracket del esmalte dentario cuando éste está adherido al diente intra-bucalmente:

1. A lo largo del tratamiento de ortodoncia puede ocurrir el desprendimiento del bracket por fuerzas oclusales de la masticación ó bien, debido a la cementación inadecuada del mismo, lo que es considerado como "pérdida ó caída del bracket", y decimos que "se cayó **solo**" (ya que ocurre de manera autónoma).

2. Concluido el tratamiento de ortodoncia parte de la finalización consiste en desprender por **pinzas** los brackets de los dientes del paciente.

**Operacionalización:**

Durante el tratamiento de ortodoncia de 22 pacientes, los brackets fueron recolectados (de acuerdo a los criterios de inclusión) en **dos maneras**:

a) brackets que se desprendieron **solos**,

b) brackets que se obtuvieron una vez completado el tratamiento de ortodoncia, desprendidos por **pinzas** utilizando la misma técnica para todos ellos.

Una vez seleccionados los brackets para el estudio, se enviaron a reciclar a una casa comercial por el mismo método térmico.

**Número de grupos a comparar.**

Consistió en tres: un grupo de brackets metálicos nuevos (grupo control), un grupo de brackets que se desprendieron por **pinzas** y un grupo de brackets que se desprendieron **solos**, todos del mismo tipo y lote

**Escala de medición:**

Corresponde a un tipo de variable independiente, no paramétrica, **cualitativa**, nominal ("**solos o por pinzas**").

Para la significancia clínica se determinaron los porcentajes de reducción de los grupos de brackets reciclados respecto de los brackets metálicos nuevos (grupo control), y se aplicó el Sistema ARI modificado para establecer la distribución de frecuencias por cantidad de adhesivo remanente, así como para establecer el sitio de la falla (adhesivo/esmalte, adhesivo/adhesivo, adhesivo/bracket)

**c. Tamaño de la muestra.**

60 premolares humanos extraídos con fines de tratamiento de ortodoncia.

20 brackets nuevos

20 brackets para premolares que fueron desprendidos por **pinzas** una vez concluido el tratamiento de ortodoncia.

20 brackets para premolares que se desprendieron por efectos de la masticación (**solos**) y fueron recuperados.



**Se consideraron tres grupos de experimentación:**

GRUPO **A**. brackets nuevos (**control**) no reciclados,

GRUPO **B** brackets reciclados que se desprendieron por **pinzas**

GRUPO **C** brackets reciclados que se desprendieron **solos**.

**d. Universo de trabajo.**

Para las pruebas del estudio se consideraron 60 brackets Ultratrimm, Dentaurem estándar tipo Edgewise 0.018 pulgadas inicialmente nuevos.

**Selección de sujetos:** 60 premolares de pacientes, cuyo tratamiento de ortodoncia indicó la extracción de los mismos. La elección de pacientes ocurrió de manera aleatoria y la de los 60 premolares y brackets de estudio de acuerdo a los criterios de selección.

***Criterios.*****a) Criterios de inclusión.****Para la recolección de dientes (premolares) extraídos:**

\*Se consideraron pacientes de ortodoncia en una edad comprendida entre 12 y 25 años de edad, ambos sexos.

\*Cada diente extraído para el estudio (espécimen) recibió solamente un bracket para ser sometido a la prueba de carga en la máquina universal de pruebas mecánicas.

**Respecto a los brackets para el estudio:**

\*Todos los brackets empleados en pacientes fueron cementados inicialmente NUEVOS, misma marca y mismo lote.

\*A lo largo del tratamiento de ortodoncia, se colectaron dos tipos de brackets para dientes premolares: los que se desprendieron de manera autónoma (**solos**) y los que se retiraron por **pinzas** (misma técnica) una vez que concluyó el tratamiento de ortodoncia.

\* El mismo investigador (en su consultorio privado) recolectó los brackets que se desprendieron **solos** y por **pinzas**, eligiendo para la prueba solo aquellos brackets que una vez examinados, utilizando luz blanca, no mostraran

ningún signo visible de distorsión en la ranura, doblamiento en las alas del bracket o distorsión en la configuración de la malla del mismo. Se ejerció el criterio de la experiencia profesional que da el manejo de brackets metálicos, seleccionando solo aquellos brackets que se observaran lo más intactos posible en su configuración física y dimensional.

\*Los brackets colectados se reciclaron *–todos juntos–* sólo una vez, usando el mismo método comercial térmico.

#### **b) Criterios de exclusión.**

##### **Para la recolección de dientes (premolares) extraídos:**

\*No se consideraron dientes indicados para extracción con fines ortodónticos que no fueran premolares (no dientes anteriores, no molares).

\*No fueron considerados los premolares de pacientes que habían recibido un bracket cementado previamente en boca. Esto es, quedaron excluidos aquéllos premolares que hubieran sido previamente grabados.

\*No se consideraron premolares que tuvieran dañado el esmalte por alguna causa (al ser extraídos, fractura, caries, amelogénesis imperfecta, defectos estructurales, restauraciones<sup>49</sup>, otros).

##### **Respecto a los brackets para el estudio:**

\*No se consideraron brackets que a simple vista se observaran dañados y alterados en su configuración física y dimensional, sobre todo con cualquier alteración en la curvatura propia de la base de malla.

\*No se consideraron brackets previamente reciclados.

#### **c) Criterios de eliminación.**

\*Pacientes cuyos premolares para extracción hubieran recibido aplicación tópica de fluoruro.

##### **Durante la prueba:**

\*Premolares que hubieran sufrido desprendimiento de esmalte durante la prueba de desprendimiento.

\*Brackets dañados durante la manipulación experimental.

\*Brackets que durante la prueba sufrieran el desprendimiento de la malla de la base del cuerpo del bracket.

## VIII. MATERIALES Y MÉTODO.

1. Premolares origen humano con indicación de extracción por tratamiento de ortodoncia
2. Brackets para premolares estándar tipo Edgewise (**Ultratrim, Dentaaurum, Ispringen, Germany**) .018 x .028 pulgadas de **tamaño de ranura**; base de malla  $5.1 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$  [bracket soldado a la malla.]
3. Adhesivo formulado específicamente para adhesión de brackets de ortodoncia fotocurable **Heliosit Orthodontic (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Alemania)**.
4. Ácido grabador **Total Etch (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Alemania)**.
5. Agua destilada **Value (México)**.
6. Estrella para posicionar el bracket (**Boone Bracket Positioning Gauge 807-002 Unitek**)
7. Explorador dental
8. Acrílico rápido de auto polimerización líquido y polvo **Acri Ethil (casa Arias, México)**.
9. *Programas estadísticos Sigma Stat 2.0 USA y SPSS versión 12 USA*

### EQUIPO DE MEDICIÓN E INSTRUMENTAL

1. Pinza para colocación de brackets (**801-0029 ORMCO Co.**)
2. Pinzas para retirar brackets (de-brackear) (**804 729 3M Unitek Monrovia, California. USA**)
3. Vernier (**Mitutoyo, CD-4**)
4. Eyector de saliva lingual y retenedor de lengua para colocación de brackets (**709 039 3M Unitek**)
5. Cronómetro (**Hanhart sprint, Hong Kong**).
6. Lámpara de fotocurado **Elipar Free Light 2 (3M ESPE San Paul, Minnessota, USA)**.
7. Radiómetro (Demetron, USA).
8. Anillos de aluminio de 2.5cms de diámetro interno y 1cm de altura, vaselina, lupa, cinta masking tape, alambre de ligadura para ortodoncia, marcador permanente.
9. Estufa 37°C (**Felisa, Guadalajara, México**).
10. Microscópio (**Carl Zeiss, Intel. China**).
11. Máquina universal de pruebas mecánicas (**Instron modelo 5567 Canton, Massachussets. USA**).

**Tabla 7. Características de los brackets metálicos de ortodoncia estándar Edgewise elegidos.**

Marca	No. lote	Espaciamiento de la malla (mm <sup>2</sup> )	Área de la base (mm <sup>2</sup> )	Fabricante	Diseño
Ultratrimm	713-0225 D-7530	Doble malla 5.1 x 10 <sup>-2</sup>	9.6	Dentaurum, <i>Ispringen, Germany</i>	soldada



**Figura 7. Brackets metálicos Dentaurum de ortodoncia.**

Los brackets Edgewise estándar de la [figura 7](#) corresponden por número de catálogo a dientes premolares. El tamaño de la ranura del bracket **Dentaurum** se eligió 0.018" de ancho por 0.030" de profundidad, cero torque.

#### **ADHESIÓN DE BRACKETS METÁLICOS DE ORTODONCIA.**

Se considerarán **dos tiempos** en el procedimiento de adhesión de brackets:

- I. El **primer tiempo** fue llevado a cabo [en el consultorio](#) cuando el paciente inició su tratamiento de ortodoncia. Se colocaron brackets metálicos Dentaurum todos nuevos.

II. El **segundo tiempo** considerado para el estudio *in-vitro*, cuando se llevó a cabo la adhesión de brackets nuevos (control) y reciclados en los premolares (especímenes) para experimentación en la máquina universal de pruebas mecánicas.

***I.- Procedimiento de adhesión clínica en la boca del paciente.***

***PRIMER TIEMPO***

***In-vivo***

Se eligieron 22 pacientes que iban a recibir tratamiento de ortodoncia, a los cuales se les cementó (adhirió) el mismo tipo de bracket Dentaurum.

El procedimiento convencional también llamado *procedimiento tradicional* para la cementación de brackets de ortodoncia, consiste en profilaxis de los dientes, preparación del esmalte dentario, aplicación del ácido grabador y cementado del bracket utilizando una resina.

La técnica de adhesión de brackets de ortodoncia considera los siguientes **tres pasos**, con un estricto apego al procedimiento de adhesión de brackets de ortodoncia y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

**a. limpieza del diente (*in vivo*)**

Se llevó a cabo profilaxis de toda la boca del paciente. La superficie vestibular de los dientes se pulió con pasta abrasiva libre de flúor<sup>47, 63</sup> utilizando cepillo de baja velocidad durante 15 segundos. Los dientes se enjuagaron con el agua y aire de la jeringa triple durante 10 segundos hasta retirar cualquier residuo de pasta en los mismos.

Ya lavadas las superficies, se procedió a secar el esmalte con aire libre de aceite durante 5 segundos.

Se conoce que el mantenimiento de un campo de trabajo seco y libre de impurezas es ideal para garantizar una adecuada, fuerte y duradera adhesión.

#### b. preparación del esmalte para la adhesión.

##### **Grabado ácido:**

Es el procedimiento que se lleva a cabo sobre el esmalte dentario para “pegar” (adherir, unir, cementar) un bracket a través de un adhesivo. I

El grabado del esmalte dentario propicia la retención mecánica que ocurre cuando el adhesivo, *al endurecer* queda atrapado entre las irregularidades originadas en el esmalte debida al ataque ácido por un lado y de la malla del bracket por el otro.

Una vez realizada la limpieza del esmalte dentario, se aplicó en la superficie vestibular, el gel grabador (ácido fosfórico al 37%). Para efectos del presente estudio se utilizó **Total Etch, (Ivoclar Vivadent)** durante 30 segundos, apegándose a las instrucciones del fabricante. Pasado el tiempo se lavó la superficie con chorro abundante de agua a presión durante 30 segundos hasta eliminar el total del gel. Hecho el lavado adecuado, sin contaminación de saliva, se procedió al completo secado de la superficie del esmalte con aire sin humedad y libre de aceite hasta observar la superficie del esmalte grabado con un aspecto blanco *tizoso*.

#### c. Adhesión.

Observado lo anterior, se procedió a llevar a cabo el pegado (adhesión) de los brackets. Se utilizó un adhesivo específicamente formulado para brackets de ortodoncia (**Heliosit Orthodontic, Ivoclar Vivadent**), que ha sido utilizado con apreciable éxito en mi consultorio dental por más de 10 años.

Se aplicó la cantidad necesaria de adhesivo directamente en la base del bracket y con una pinza específica para ubicar al mismo se le llevó a su colocación exacta al centro de la corona diente<sup>69</sup> a 4 mm del borde incisal de la cúspide del premolar corroborándolo con la ayuda de la estrella (*Boone Bracket Positioning Gauge 807-002 Unitek*).

Fue ejercida una ligera presión al fijar, con el objeto de dejar una capa de adhesivo lo más delgada posible, removiendo inmediatamente el excedente de adhesivo con la ayuda de un explorador asegurándose sobre todo que el

bracket no fuera alterado durante la reacción de polimerización, para lo cual se utilizó una lámpara de luz halógena para fotocurado **Elipar Free Light 2** (3M ESPE, USA) con una intensidad de luz azul de 800 mW/cm<sup>2</sup> monitoreando con un radiómetro (Demetron USA). La luz se incidió a una distancia de 1 a 2 mm durante 20 segundos sobre el lado gingival y otros 20 segundos por el lado incisal de cada uno de los dientes del paciente.

Tanto el ácido grabador como el adhesivo fueron utilizados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La elección de brackets para cada grupo, así como la cementación fue realizada al azar y por un solo investigador para eliminar la influencia de la variabilidad en el método.



**Figura 8. Recursos para adhesión de brackets**

### **FINALIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA.**

A lo largo del tratamiento de ortodoncia de 22 pacientes, los brackets fueron recolectados (de acuerdo a los criterios de inclusión) **en dos maneras**:

a) brackets que se desprendieron **solos**, de los cuales fueron elegidos 20 brackets para premolares de acuerdo a los criterios pre-establecidos

b) brackets que fueron obtenidos después de completado el tratamiento de ortodoncia. Una vez finalizado el tratamiento, se procedió a desprender los brackets con pinzas (*Direct Bond Bracket Removing Plier 804 729* Unitek Monrovia, California, USA) utilizando la misma técnica.

Con el objeto de recuperar el bracket lo más intacto posible sin comprometer la integridad de las alas, base ni la ranura del mismo, la técnica

de desprendimiento consistió en colocar un bocado de la pinza, con la parte del *tope* blanco sobre el borde incisal (cúspide del premolar), mientras que el otro bocado de la pinza en forma de cincel descansaba justo en la unión adhesivo/esmalte, lo más cerca del esmalte. Fue ejecutado el cierre de la pinza, para juntar ambos bocados, ejerciendo una fuerza en “corte” de una sola intención que llevo al desprendimiento del bracket.

Todos los brackets seleccionados para experimentación fueron reciclados juntos, solo por una vez, con todos los brackets al mismo tiempo y por el mismo método térmico así como por la misma casa comercial seleccionada.

### PROCEDIMIENTO DE RECICLAMIENTO COMERCIAL TÉRMICO.

No se conoce el procedimiento completo a detalle. Exponemos las generalidades ofrecidas por la casa comercial que recicló. Sustentamos lo adecuado del procedimiento con las citas que marcamos.

*“Se hornearon los brackets en la máquina Big Jaré<sup>22, 25, 47, 70</sup> (Esmadent Co., Highland Park, Illinois USA) a una temperatura promedio de 850 °F<sup>21</sup>, (454 °C \*\*) por espacio de hora y media, colocándose posteriormente en un solvente. Posteriormente los brackets fueron sometidos al ultrasonido por 10 minutos dejándose reposar 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo, se enjuagaron con agua de la llave. Una vez verificado que toda la resina había sido eliminada, se dio paso al electropulido. Tanto el solvente como el líquido pulidor fueron suministrados por el proveedor, enviados desde EEUU como parte de la máquina recicladora. Finalmente los brackets se enjuagaron con agua caliente y se sumergieron en una solución hecha a base de una mezcla de agua y bicarbonato de sodio. Secos se revisó que los brackets quedaran con acabado de espejo.*

---

(\*\*) °C = °F-32/1.8



## **2.- Procedimiento de adhesión de brackets en los especímenes de experimentación.**

### **SEGUNDO TIEMPO**

#### ***in-vitro***

La diferencia con el Procedimiento de adhesión clínica *in-vivo*, directamente en la boca del paciente (PRIMER TIEMPO), radica en que para el SEGUNDO TIEMPO se llevará a cabo la adhesión de brackets en los especímenes de experimentación (*in-vitro*), con el objeto de ser montados y llevar a cabo las pruebas en el laboratorio.

#### **PREMOLARES EXTRAÍDOS.**

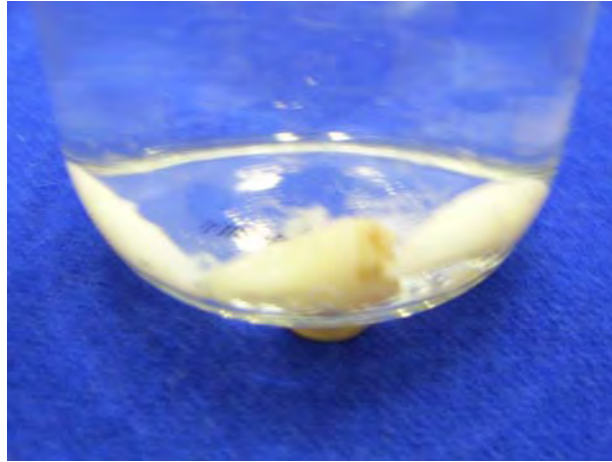
Fueron utilizados premolares humanos extraídos con fines de tratamiento de ortodoncia, que fueron seleccionados de acuerdo a los criterios de selección, exclusión y eliminación descritos en la metodología.

Inmediatamente después de la extracción del diente, el clínico que la realizó, removió y eliminó toda la sangre del diente así como el tejido adherente remanente, para después lavar los premolares totalmente con agua corriente de la llave. El régimen de almacenamiento de los dientes antes de ser utilizados cumplió con las guías dadas en la literatura ortodóntica. Los dientes fueron almacenados durante 4 meses<sup>49</sup> en agua destilada suficiente como para quedar cubiertos después de haber sido extraídos y fueron conservados en refrigeración ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) hasta el momento de la prueba.

Bulut<sup>65</sup> almacena los dientes extraídos en una solución de Thymol al 0.1%, sin apearse al estándar. En la clínica o consultorio, al cementar brackets nosotros no acostumbramos utilizar *cloramine* durante el proceso de adhesión de brackets de ortodoncia, por lo cual no fue considerada su utilización para efectos de almacenamiento de dientes antes de la prueba.

ISO 11405<sup>49</sup> recomienda la *no utilización de agentes químicos*, ya que *una solución que puede ser absorbida por el sustrato del diente*, y en consecuencia alterar los resultados sobre fuerza de adhesión.

Para minimizar el deterioro, el medio de almacenamiento fue reemplazado periódicamente (cada 4 días) [figura 9](#).



**Figura 9. Almacenaje previo de dientes.**

### **GRUPOS DE EXPERIMENTACIÓN.**

Se consideraron **tres grupos** de experimentación, formados cada uno y de manera aleatoria por 20 premolares extraídos a los que les fue cementado en el esmalte vestibular de cada uno de ellos:

1. grupo **A**, brackets **nuevos**, nunca usados clínicamente (**grupo control**).
2. grupo **B**, brackets reciclados una vez por un procedimiento térmico comercial, que habían sido desprendidos por **pinzas** cuando concluyó el tratamiento de ortodoncia.
3. grupo **C**, brackets reciclados una vez por un procedimiento térmico comercial, que se habían desprendido **solos** y fueron recuperados.



**Figura 10. Grupos de experimentación.**

### **PROCEDIMIENTO DE ADHESIÓN DE BRACKETS METÁLICOS *in vitro***

Se mencionó que los brackets usados clínicamente que se desprendieron **solos** y por **pinzas**, inicialmente fueron nuevos y se seleccionaron de acuerdo a los criterios pre-establecidos. Fueron reciclados solo una vez por el mismo procedimiento térmico de la casa comercial elegida.

Para preparar los especímenes que irían montados en la máquina de pruebas universales, se procedió a la limpieza del esmalte de los dientes previamente almacenados con el objeto de efectuar la cementación de brackets de ortodoncia metálicos. La cementación de brackets se llevó a cabo **de la misma manera** que se realizó durante el procedimiento clínico del PRIMER TIEMPO previamente descrito en la [página 52](#).

#### **a. limpieza del diente (*in-vitro*)**

Fue lavada la superficie vestibular de los dientes premolares previamente almacenados. El esmalte del espécimen fue pulido con pasta abrasiva libre de flúor<sup>63</sup>, y se usó cepillo y baja velocidad durante 15 segundos. Se enjuagaron con agua corriente durante 10 segundos, hasta retirar todo el residuo de la pasta y se secó la superficie con aire a presión de la jeringa triple durante 5 segundos<sup>71</sup>.

**b. preparación del esmalte para la adhesión.**

**Grabado ácido:** Una vez preparada la superficie del esmalte del espécimen de estudio, se aplicó el gel grabador (ácido fosfórico al 37%) de la marca **Total Etch** (*Ivoclar, Vivadent*) durante 30 segundos sobre la superficie del diente, apegándose a las instrucciones del fabricante.

Pasado el tiempo se lavó la superficie con chorro abundante de agua a presión con la jeringa triple, durante 30 segundos hasta eliminar el total del ácido grabador. Hecho el lavado adecuado, se procedió al completo secado de la superficie del esmalte con aire libre de aceite hasta observar la superficie del esmalte grabado con un aspecto blanco *tizoso*.

**c. Adhesión.**

Se aplicó la cantidad mínima necesaria de adhesivo (**Heliosit Orthodontic**, *Ivoclar, Vivadent*), a la base del bracket y con una pinza específica para ubicar al bracket se le llevó a su colocación exacta al centro de la corona diente<sup>69</sup> a 4 mm del borde incisal de la cúspide del premolar corroborándolo con la ayuda de la estrella (*Boone Bracket Positioning Gauge*). Fue ejercida una ligera presión al fijar, con el objeto de dejar una capa de adhesivo lo más delgada posible, removiendo inmediatamente el excedente de adhesivo con la ayuda de un explorador y asegurándose que el bracket no fuera alterado durante la reacción de polimerización, para lo cual se utilizó una lámpara de luz halógena para fotocurado **Elipar Free Light 2** (*3M ESPE, USA*) con una intensidad de luz azul de 800 mW/cm<sup>2</sup> monitoreando con un radiómetro (Demetron USA). La luz se incidió a una distancia de 1-2 mm de distancia del bracket, durante 20 segundos sobre el lado gingival y otros 20 segundos por el lado incisal de cada uno de los especímenes de prueba.

El adhesivo fue utilizado de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La elección de brackets para cada grupo, así como la cementación de brackets fue realizada al azar y por un solo investigador para eliminar la influencia de la variabilidad en el método.



**Figura 11. Bracket adherido a diente de prueba.**

Una vez cementados los brackets al diente extraído, se sumergieron en agua destilada, mientras se montaban en el anillo.



**Figura 12. Especímenes para ser almacenados en la estufa.**

**MONTAJE EN EL ANILLO.**

Una vez adheridos los brackets al esmalte de los especímenes, se procedió a llevar a cabo la formación en el anillo.

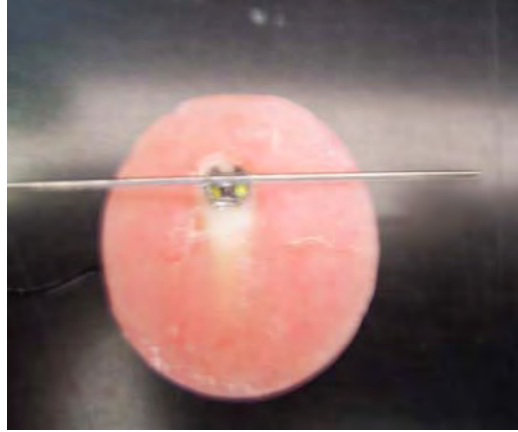
Cada uno de los premolares fue colocado en un anillo de aluminio de 2.5 cms. de diámetro interno (figura 13) valiéndose de una guía de colocación de plástico que sujetaba las alas del bracket para mantenerlo hacia arriba en posición, y con el eje del diente en posición.



**Figura 13. Anillo “hacedor” para el montaje**

El diente colocado dentro del anillo fue embebido en acrílico de autopolimerización rápida cuidando de mantener al espécimen en el largo de su eje vertical y respetando cuidadosamente la cara vestibular del mismo, de manera tal que el acrílico no tocara la superficie del bracket cementado.

Los especímenes se marcaron uno a uno otorgando número y grupo para su identificación y se fueron colocando en contenedores de plástico para almacenarlos hasta el momento de la prueba.



**Figura 14. Método para alinear al diente para la prueba**

Las muestras fueron conservadas en agua destilada dentro de un contenedor con tapadera y para emular las condiciones bucales, el almacenamiento ocurrió en una estufa<sup>65</sup> a  $37^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas antes de llevar a cabo la prueba de desprendimiento<sup>71</sup>.

#### **MÉTODO PARA LA PRUEBA DE DESPRENDIMIENTO.**

Es indispensable evaluar si el instrumento, método o procedimiento que se está utilizando realiza las mediciones de un modo reproducible, consistente y exacto, que es lo que se conoce como **validación**<sup>72</sup>.

Para determinar la "**Fuerza de adhesión**" en brackets nuevos y reciclados del presente estudio, se llevaron a cabo las pruebas de desprendimiento apegándose al **método** que ha sido implementado y probado en repetidas ocasiones<sup>9, 27, 63, 71</sup> en la máquina de pruebas universales Instron **5567** (Canton, Massachussets. USA), del Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la Facultad de Odontología, UNAM.

El método propuesto ha sido ampliamente utilizado y cuenta con la validez necesaria, ya que permite que los resultados sean reproducibles, además de que está basado en métodos propuestos por autores que han comprobado su confiabilidad<sup>63-65</sup>.

De la misma manera, se mostró un total apego a las recomendaciones del ISO/TS 11405<sup>49</sup> 2ª edición 2003 (*Dental Materials - Testing of adhesión to tooth structure*).

Para determinar la **Fuerza de adhesión** y conocer la resistencia promedio al desprendimiento a través de la aplicación de cargas tangenciales, los especímenes para experimentación fueron montados en la máquina de pruebas universales Instron 5567 (figura 15) de acuerdo a los criterios que se mencionan abajo.



**Figura 15. Manejo para la prueba de desprendimiento en la máquina Instron por uno de los expertos.**

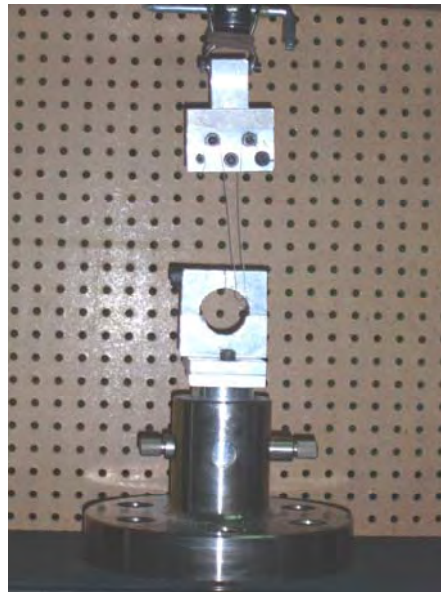
### **PRUEBA DE DESPRENDIMIENTO.**

Se sugiere<sup>49</sup> que en las pruebas sobre tensión (*tensil mode*) sea considerado de vital importancia el alineamiento del espécimen de prueba. Para las pruebas que aplican fuerza en corte (*the shear mode*), se sugiere facilidad en la aplicación de la carga considerando que el área del espécimen esté claramente definida, así como asegurar la exacta posición del espécimen durante la aplicación de la carga hasta que ocurra el desprendimiento, evitando fricción durante el movimiento de la aplicación de la misma.



### Montaje en la máquina de pruebas universales.

La máquina de pruebas universales Instron modelo 5567, contiene dos piezas de aluminio que forman un círculo de una pulgada de diámetro. Un extremo es movable y corresponde a la mordaza superior de la máquina, de donde emerge un alambre de ortodoncia en forma de asa, de acero inoxidable calibre 0.018 pulgadas (Fig. 16), que será el que abrace las alas del bracket por desprender.



**Figura 16. Montaje para prueba de desprendimiento de brackets.**

Cada espécimen de prueba *en anillo* fue colocado en el aditamento circular, en la parte inferior del marco de la maquina, dejando al diente (con el bracket) expuesto de manera centrada en su eje vertical y en “*la posición exacta*”<sup>49</sup> de manera tal que el alambre en forma de asa, engranara totalmente entre la base y las cuatro alas del bracket.

### **Aplicación de la carga (*the shear mode*).**

Se programó el software (programa *Serie Novena*) de la máquina Instron con dos datos esenciales:

- el dato del área de la base del bracket a desprender.
- la velocidad (cross-head) de la carga

En virtud de que se trata de un estudio comparativo, se aplicó una velocidad de carga de 1.0 mm/minuto ***hasta lograr el desprendimiento***, que corresponde a la velocidad que se ha venido utilizando<sup>63, 64, 65</sup> en pruebas de adhesión de brackets de ortodoncia del Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales.

Se aplicó la carga (Fig. 17), con valores de la fuerza (F) de 0.00 hasta 0.20 Newtons, que la máquina determinó por si misma, con lo que se llevó a cabo la tracción de cada uno de los especímenes de prueba, hasta que el bracket resultara mecánicamente removido (desprendido). Este mismo método de montaje y prueba ha sido utilizado en estudios previos<sup>9, 27, 63, 71</sup>.

El software de la máquina Instron calculó como dato la máxima tensión aplicada, justo donde ocurrió el desprendimiento. Este dato de la fuerza aplicada fue estandarizado dividiendo la fuerza-al-desprendimiento entre el área de la base del bracket, expresada en megapascals. En otras palabras, el software de la máquina de pruebas universales calculó\*\* a través de los datos que aportamos ("*área de la base*") el dato del desprendimiento en MPa.

La fuerza que se aplicó durante la prueba ocurrió en corte (***shear mode***), ya que al jalar el bracket fuera de lugar desde la mordaza superior de la máquina, se generó una fuerza orientada verticalmente que cizalló (cortó) hasta desprender.

---

**Fórmula:**  $\_shear\_ Fmax/Abacket\ base\ surface$  (in megapascals). Tomado de Faltermeier<sup>64</sup>



**Figura 17. Fotografía de la pantalla que muestra la graficación de la máquina Instron modelo 5567, durante la prueba de desprendimiento.**

### Unidad de medición.

El estándar<sup>49</sup> recomienda el uso del sistema internacional, por lo cual se consideró como unidad de medición mega pascales (MPa).

Los datos crudos obtenidos en unidades de fuerza (Newtons), fueron convertidos por el mismo software de la maquina de pruebas, en unidades de esfuerzo (MPa) lo cual significa fuerza/unidad de área para lo cual fue de vital importancia contar con el tamaño del área.

Se efectuó el mismo procedimiento de prueba para todos y cada uno de los especímenes de los tres grupos de experimentación. La variable medida se denominó **Fuerza de adhesión**. Los valores obtenidos para todas las muestras fueron vaciados en una base de datos para su análisis estadístico.

### **PORCENTAJE % DE REDUCCIÓN.**

#### **Método:**

En virtud de que autores previos<sup>8, 10, 11, 18, 20, 21, 28, 29, 33</sup> sustentan los resultados de sus estudios en proporción a la reducción de las *Fuerzas de adhesión*, también llamado **porcentaje de reducción**, establecemos la metodología empleada para llegar a ello en virtud de que nuestro estudio es de tipo comparativo:

Para obtener el porcentaje (%) de reducción, una vez que se aplicó Anova, utilizamos los datos que corresponden a los promedios (media) de cada uno de los tres grupos de brackets, de tal manera que:

$\mu_1 = 5.84$ , brackets nuevos (grupo control)

$\mu_2 = 3.98$ , pinzas

$\mu_3 = 5.51$ , solos

$$\frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1}$$

$$\mu_1$$

$$3.98 - 5.84$$

---


$$5.84$$

Resultado= - **31.84** %

El valor **negativo** significa que la *Fuerza de adhesión* del grupo de brackets desprendidos por **pinzas** se **redujo** en un 31.84% con respecto al grupo de brackets **nuevos**, en términos de la *Fuerza de adhesión promedio* ( $\mu_1$ ) del grupo de los brackets nuevos (grupo control).

## APLICACIÓN del SISTEMA ARI Modificado para brackets.

Después de haber llevado a cabo la prueba de desprendimiento de los brackets de ortodoncia en la máquina de pruebas universales Instron (**5567 Canton, Massachussets. USA**), fue aplicado el Sistema ARI modificado de Álvarez-M y Barceló con el objeto de determinar la cantidad de adhesivo remanente en el bracket, así como para establecer el sitio de la falla ya fuera en la interfase adhesivo/esmalte, adhesivo/ bracket, adhesivo/adhesivo.

Las mallas fueron observadas a simple vista, con luz blanca (figura 18) y la cantidad de adhesivo remanente en la base del bracket fue registrada de acuerdo a los criterios propuestos en la tabla 8, los cuales fueron modificados y definidos para los propósitos del presente estudio.

**Tabla 8. Criterios de Álvarez-M & Barceló para ARI modificado\***

Interfase de desprendimiento FALLA**	REGISTRO	DESCRIPCIÓN Cantidad de adhesivo remanente
FALLA adhesiva en el bracket (adhesión sobre el bracket)***	0	<b>NINGÚN</b> adhesivo dejado en el bracket
FALLA cohesiva	1	<b>MENOS de la mitad</b> de adhesivo dejado en el bracket
FALLA cohesiva	2	<b>MAS de la mitad</b> de adhesivo dejado en el bracket
FALLA adhesiva en el diente (adhesión sobre el diente)***	3	<b>TODO</b> el adhesivo dejado en el bracket

\* del original de Ártun J, Bergland S<sup>59</sup>. Am J Orthod. 1984

\*\* Dr. Vera GR

\*\*\* **Bulut**<sup>65</sup> también diferencia el sitio de la falla

De acuerdo a los criterios de la tabla 8, dos investigadores observaron las mallas de todos y cada uno de los brackets de prueba, bajo las mismas condiciones. La cantidad de adhesivo remanente así como la interfase de

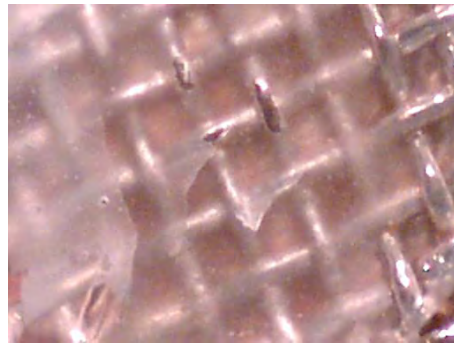
desprendimiento fue observada y registrada para determinar la distribución de las mismas.

Se vaciaron los datos de acuerdo a la calificación de ARI modificado, dando lugar a dos grupos de observaciones: las del observador A y las del observador B. Los resultados de ambas observaciones se contrastaron y para determinar la validez se aplicó la prueba estadística de Kappa simple para dar confiabilidad al procedimiento. “La **confiabilidad** es el grado de estabilidad que se presenta cuando una medición es repetida bajo condiciones idénticas”<sup>72</sup>.



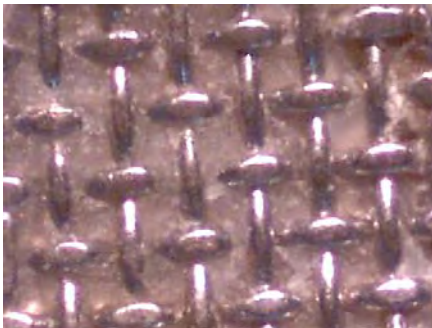
**ARI 3**

TODO el adhesivo dejado en el bracket



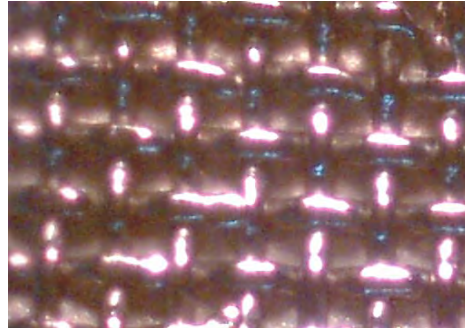
**ARI 2**

MÁS de la mitad de adhesivo dejado en el bracket



**ARI 1**

MENOS de la mitad de adhesivo dejado en el bracket



**ARI 0**

NINGÚN adhesivo dejado en el bracket

**Figura 18. Sistema ARI modificado para brackets de ortodoncia nuevos y reciclados**

## **DISEÑO ESTADÍSTICO. Selección de pruebas.**

Se determinó cualquier diferencia estadísticamente significativa a través del análisis de varianza de una vía (ANOVA), estableciendo un nivel de significancia del 5% (con un nivel de confianza del 95%)  $p < 0.05$ .

Se aplicó una prueba de ANOVA con el objeto de demostrar si los tres grupos de estudio eran diferentes. Al determinar la diferencia en los valores promedio entre los grupos estudiados, podemos identificar las diferencias entre las medias estadísticas de los grupos y ANOVA prueba si los valores resultan diferentes.

Ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, Anova no aplicó ninguna otra prueba para cada uno de los grupos de estudio (como sería la de Tukey).

Los resultados se analizaron en un paquete de cómputo **Sigma Stat 2.0** para establecer el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación sobre **Fuerza de adhesión** encontrada.

Se determinaron los **porcentajes de reducción** de los grupos de brackets reciclados respecto de los brackets metálicos nuevos (grupo control)

Para determinar la cantidad de adhesivo remanente se aplicó el Sistema ARI modificado; con los resultados se elaboró un Diagrama con la distribución por frecuencias y porcentajes (%).

### **Coeficiente de kappa<sup>73</sup>.**

Cuando se emplean variables cualitativas (*subjetivas* ó blandas) como en el caso de ARI modificado, la determinación de la concordancia es un paso crucial para hablar de confiabilidad en el método. La falta de confiabilidad puede producirse por diferencias entre los observadores pero si las observaciones son semejantes, se habla de una concordancia. Por lo anterior, se aplicó la prueba de Kappa simple, que corresponde a una prueba de calibración<sup>72</sup>.

No se consideró como objeto de estudio la relación entre ARI y **Fuerza de adhesión** (MPa) encontrada, por lo que se sugiere en estudios futuros sea determinada la correlación que existe entre ambos.



## VIII. RESULTADOS

La [tabla 9](#) da cuenta de los valores encontrados para cada grupo de brackets y muestra los resultados obtenidos sobre **fuerza de adhesión** en brackets metálicos reciclados y brackets metálicos nuevos. También se indica la calificación de ARI obtenida.

**Tabla 9. Fuerza de adhesión de 60 brackets metálicos de ortodoncia y calificación de ARI\*.**

Grupo A Brackets Nuevos  (MPa)	(ARI)	Grupo B Brackets que se desprendieron por <i>pinzas</i> (MPa)	(ARI)	Grupo C Brackets que se desprendieron <i>Solos</i> (MPa)	(ARI)
1.383	2	2.453	1	3.119	1
5.053	2	3.579	3	2.086	0
13.340	3	1.847	2	7.939	2
7.096	2	1.000	2	3.181	1
1.949	2	1.834	2	1.922	1
9.942	3	0.089	2	7.695	2
2.589	0	2.568	0	7.728	2
5.538	2	5.472	2	8.858	3
9.205	3	2.086	0	3.216	1
3.851	1	2.222	0	5.250	2
3.205	1	7.264	2	10.820	3
4.603	3	4.067	3	5.107	2
4.746	3	7.140	2	8.089	3
4.067	3	12.990	3	7.202	2
7.040	2	2.693	1	5.503	2
1.914	3	1.942	2	5.837	2
8.976	3	0.068	2	1.587	3
12.830	3	7.353	3	4.918	3
4.152	1	4.767	3	2.449	1
5.505	2	8.292	3	7.927	2

\* propuesta de Álvarez-M-Barceló

Para determinar si existió concordancia entre dos observadores respecto a la cantidad de adhesivo remanente del Sistema ARI modificado aplicado a los brackets de prueba, se llevó a cabo la prueba de Kappa simple, encontrándose una concordancia del 55%, que de acuerdo a los criterios de Fleiss (0.50-0.74) el **coeficiente de Kappa** del 0.55 resultó aceptable (*bueno, adecuado, moderado*).



**ANOVA**

One Way Analysis of Variance      Wednesday, April 23, 2008, 07:34:01

Data source: Data 1 in Notebook

Normality Test:      Failed (P = 0.040)

Equal Variance Test: Passed (P = 0.867)

Group	N	Missing
Nuevos	20	0
Des Pinzas	20	0
Des solos	20	0

Group	Mean	Std Dev	SEM
Nuevos	5.845	3.462	0.5913
Des Pinzas	3.982	3.248	0.815
Des solos	5.516	2.683	0.456

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.206

The power of the performed test (0.206) is below the desired power of 0.800.  
You should interpret the negative findings cautiously.

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.145).

Una vez que se aplicó la prueba de ANOVA con **Sigma Stat 2.0** se obtuvieron los hallazgos abajo mencionados. Quedaron determinados el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación que se muestran en la [tabla 10](#).

**Tabla 10. Promedio y DE sobre la *Fuerza de adhesión* de 60 brackets metálicos de ortodoncia.**

	promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
Brackets <b>nuevos</b> no reciclados	5.84	3.46	0.59
Brackets reciclados una vez que se desprendieron por <b>pinzas</b>	3.98	3.24	0.81
Brackets reciclados una vez que se desprendieron <b>solos</b>	5.51	2.68	0.45

*Anova NS, no significancia (P = 0.145).*

Como se puede observar, la ***Fuerza de adhesión*** más alta resultó para los brackets **nuevos** no reciclados (grupo control)  $5.84 \pm 3.46$  MPa, seguido por los brackets que se desprendieron **solos** ( $5.51 \pm 2.68$  MPa) y los brackets desprendidos con **pinzas** donde se obtuvo  $3.98 \pm 3.24$  Mpa.

Los promedios de la variable medida (*fuerza de adhesión*) fueron comparadas con el análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia del 5% (nivel de confianza del 95%  $p < 0.05$ ) no encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $P = 0.145$ ).

Anova es un análisis que ayuda a determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Si la hay, se realiza la prueba de Tukey (procedimiento de comparación múltiple de grupos), si no hay diferencias entre los grupos el software no lleva cabo la prueba de Tukey.

Fueron determinados **los porcentajes de reducción** de los grupos de brackets reciclados con respecto al grupo de brackets metálicos nuevos (**control**), de acuerdo a la metodología propuesta, y se pueden observar en la [tabla 11](#):

**Tabla 11. Porcentajes de reducción en la fuerza de adhesión para cada grupo de brackets después del reciclamiento.**

	$\bar{X}$	Porcentaje de reducción
Brackets nuevos no reciclados <a href="#">grupo control</a>	5.84	
Brackets reciclados una vez que se desprendieron por <a href="#">pinzas</a>	3.98	<b>32%</b>
Brackets reciclados una vez que se desprendieron <a href="#">solos</a>	5.51	6 %

La [tabla 12](#) muestra la distribución de frecuencias (porcentajes %) sobre la aplicación del Sistema ARI modificado de Álvarez-M-Barceló, de acuerdo a los criterios especificados en el método, [tabla 8](#).

**Tabla 12. Sistema ARI modificado\* de Álvarez-M-Barceló. Distribución de frecuencias (número/%) de las calificaciones de adhesivo remanente en 60 brackets metálicos de ortodoncia\*\*.**

Calificación ARI	Grupo A (grupo control) Brackets NUEVOS	Grupo B Brackets reciclados que se desprendieron con PINZAS	Grupo C Brackets reciclados que se desprendieron SOLOS
<b>0</b>	1 (5 %)	2 (10%)	2 (10%)
<b>1</b>	5 (25%)	4 (20%)	1 (5 %)
<b>2</b>	8 (40%)	8 (40%)	9 (45%)
<b>3</b>	6 (30%)	6 (30%)	8 (40%)

\* **ARI: 0**, ningún adhesivo dejado en el bracket, *falla de adhesión sobre la malla del bracket*; **1**, menos de la mitad de adhesivo dejado en el bracket, *falla cohesiva*; **2**, más de la mitad de adhesivo dejado en el bracket, *falla de adhesión cohesiva*; **3**, todo el adhesivo dejado en el bracket, *falla adhesiva sobre el diente*.

\*\* Observación de dos examinadores

En cuanto a la interfase de desprendimiento, la [tabla 13](#) muestra los porcentajes encontrados en el total de la población ( $\eta$ ).

**Tabla 13. Aplicación de ARI modificado\* en 60 brackets de ortodoncia. Interfase de desprendimiento.**

Interfase de desprendimiento FALLA**	CALIFICACIÓN	$\eta$	frecuencia	SISTEMA ARI Modificado de Álvarez-M-Barceló
FALLA adhesiva en el bracket (adhesión sobre el bracket)	0	5	8%	NINGÚN adhesivo dejado en el bracket
FALLA cohesiva	1	10	17%	MENOS de la mitad de adhesivo dejado en el bracket
FALLA cohesiva	2	25	42%	MAS de la mitad de adhesivo dejado en el bracket
FALLA adhesiva en el diente (adhesión sobre el diente)	3	20	33%	TODO el adhesivo dejado en el bracket

\* propuesta de Álvarez-M-Barceló

## IX. DISCUSIÓN.

En la discusión se contrastan hallazgos sobre **Fuerza de adhesión** en brackets metálicos de ortodoncia con el objeto de comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los de otras investigaciones.

Se discute el por qué fue elegido el **término** *Fuerza de adhesión* por sobre otros términos para definir nuestros hallazgos. Se analizan los resultados y se relacionan con la técnica de desprendimiento (**solos** o por **pinzas**) y la influencia que esto ejerció en la *Fuerza de adhesión* resultante.

Se plantea la significancia estadística y la significancia clínica encontrada. Se analizan las ventajas de la aplicación del **Sistema ARI modificado** propuesto y su interpretación.

Se discuten aquellos factores que pudieron ser determinantes en los resultados que obtuvimos por lo que se destaca un rubro sobre la máquina de pruebas universales y el método de desprendimiento. Se contrastan resultados obtenidos con estudios similares y con aquellos que utilizaron la misma máquina de pruebas universales.

Sobre las bases de protección al esmalte se sustenta cuándo una *Fuerza de adhesión* debe ser considerada como **clínicamente aceptable**, y se plantea la pertinencia de la existencia de un Índice sobre *Fuerza de adhesión*.

Se establecen conclusiones sobre el adhesivo utilizado, y se analizan las diferencias entre brackets nuevos y brackets clínicamente usados. Se contrastan estudios acerca del **efecto del reciclamiento** y se cierra la discusión con un rubro relacionado con la decisión clínica y la actitud ética de **elegir reciclar brackets o no**.

### ***Definición del término Fuerza de Adhesión***

Para los propósitos del presente estudio, se hace necesario establecer la definición de términos empleados y se ofrece un glosario de términos en los anexos.

**Fuerza de adhesión, fuerza de retención, fuerza retentiva, resistencia al desprendimiento, resistencia a la tensión y resistencia a la carga**, son términos que significan esencialmente lo mismo. En la literatura el término es utilizado de acuerdo a la manera en que cada autor decide definir los resultados de su investigación, y se relaciona en mucho con el tipo de carga que se aplica durante la prueba.

En virtud de que ISO 11405<sup>49</sup> define *bond strength* como “*fuerza por unidad de área requerida para desprender una unión adherida a través de una falla que ocurre dentro o cerca de la interfase adhesivo/adherente*”, en el presente estudio se eligió **Fuerza de adhesión** como el nombre que definió la variable a medir. El término **Fuerza** (que desde la perspectiva física y mecánica compromete utilizar como unidades de medición Newtons) no tuvo que ver con la unidad de medición planteada, por lo que se espera no se generen confusiones. De ser así el término adecuado sería “*Esfuerzo de adhesión*”.

Sin embargo en virtud de acuerdo al tipo de carga que aplicamos amén de las unidades de medición internacionales planteadas (MPa), consideramos que el nombre **como nombre** “*Fuerza de adhesión*” puede ser traducido como sinónimo del término **resistencia al desprendimiento**.

**Fuerza de adhesión** corresponde a un término que además, considera (en su nombre) el fenómeno de retención mecánica<sup>48</sup> (tan propio de la **ADHESIÓN**).

### ***Diferencias relativas en la Fuerza de Adhesión de Brackets dependiendo de la técnica de desprendimiento.***

Podemos asegurar que la **técnica de desprendimiento** que llevamos a cabo una vez que finalizó el tratamiento de los pacientes de ortodoncia (PRIMER TIEMPO *in-vivo*), fue adecuada ya que la técnica debe garantizar que la mayor parte del adhesivo se quede en la base del bracket y no en el esmalte dentario.

El utilizar la pinza para retirar brackets (804-729 Unitek Monrovia, California, USA) permitió ejercer una fuerza de desprendimiento en “corte”, que incidió en la unión entre la base del bracket y el esmalte dentario, sin dañar de manera severa el bracket. No se conoce cuanta fuerza aplica el clínico mientras desprende el bracket; al jalarlo fuera de lugar, apretando al mismo tiempo, si puede llegar a distorsionar la configuración física del mismo. Esto fue demostrado en el estudio de Årtun y Bergland<sup>59</sup> quienes compararon dos técnicas de desprendimiento asegurando que la técnica **P** es la mejor y más adecuada ya que consigue que el adhesivo se quede en el bracket y no en el esmalte dentario. Ellos mostraron que el 30% de los brackets del estudio habían sido distorsionados durante la técnica **S** de desprendimiento. De manera similar Oliver<sup>44</sup> estudió el efecto de diferentes métodos de desprendimiento de brackets de ortodoncia, pero el objetivo principal de su estudio consistió en determinar la influencia del método de desprendimiento sobre el tamaño y las dimensiones de la ranura del bracket, así como el ajuste del arco de alambre después del de-brackeo.

Los resultados sobre *Fuerza de Adhesión*, junto con los promedios y las desviaciones estándar de brackets reciclados que se desprendieron **solos** y por **pinzas** se muestran en la [tabla 10](#). Se puede observar que para los brackets **nuevos** no reciclados (grupo control) se obtuvo un valor de  $5.84 \pm 3.46$  MPa, seguido por los brackets reciclados una vez que se desprendieron **solos** ( $5.51 \pm 2.68$  MPa), mientras que los brackets reciclados una vez que se desprendieron por **pinzas** obtuvieron  $3.98 \pm 3.24$  MPa. De acuerdo a éstos resultados, podemos pensar que la forma en que fue desprendido el bracket del esmalte dentario no afectó la *Fuerza de adhesión* de los brackets reciclados después de la prueba, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los brackets nuevos (grupo control) y los brackets desprendidos por cualquiera de los dos métodos: **solos** o por **pinzas** ( $p = 0.145$ ).

Sin embargo es importante considerar que una significancia estadística no necesariamente implica un significancia clínica<sup>72, 74</sup>.

Partiendo de lo anterior y contrastando la fundamentación teórica revisada, encontramos que con el objeto de dar mayor peso a la significancia clínica, estudios previos hacen hincapié en la **proporción en la reducción** de la *Fuerza de adhesión* que la mayoría de los autores optan por emplear en los resultados que reportan<sup>8, 10, 11, 20, 21, 28, 29, 33</sup>

Los resultados sobre porcentaje de reducción que se obtuvieron se muestran en la [tabla 11](#) donde los datos que se pueden observar *confirman* que la técnica de desprendimiento pudo influir en los resultados, ya que el valor del porcentaje de reducción para los brackets que se desprendieron por **pinzas** fue más alto (32%) que para aquellos que se desprendieron **solos** (6%).

Esto se puede sustentar con los hallazgos de [Oliver y Pal<sup>44</sup>](#) quienes concluyeron que el método de remoción de brackets puede influir en la *Fuerza de adhesión* de brackets reciclados en virtud de que se produce una **distorsión en la base** de los mismos a la hora del desprendimiento. Reportan en su estudio que por lo menos 30% de los brackets de acero inoxidable de su muestra fueron distorsionados por las pinzas de de-brackeo cuando fueron utilizadas para remover los brackets del esmalte dentario. La distorsión del bracket, comentan los autores, dependerá de la técnica de desprendimiento utilizada así como de la naturaleza propia de la estructura metálica del bracket y afectará, por consiguiente, su retención al esmalte, lo que influirá en la *Fuerza de adhesión* de brackets usados clínicamente que han sido reciclados.

Se sabe que, de acuerdo al tipo de desprendimiento, existe una potencial probabilidad de distorsión o daño en la configuración de los brackets tanto cerámicos como metálicos<sup>24</sup>.

Considerando el % de reducción así como el hecho de que los brackets que se desprendieron con **pinzas** obtuvieron el menor valor de *Fuerza de adhesión* (3.98 MPa y 32% reducción), nos lleva a pensar que, al de-brackear por pinzas, se pudo haber modificado la estructura metálica de la base del bracket *más de lo que se pudo percibir a simple vista*<sup>18</sup>, además de que se sabe que resulta una mayor pérdida de rugosidad en la superficie de la base cuando los brackets se desprenden por **pinzas** cuando son comparados con



brackets que desprenden solos<sup>10, 44</sup>. Lo anterior ayuda a dar sustento a las diferencias encontradas en el porcentaje de reducción de brackets reciclados que fueron desprendimiento por pinzas (32%)

De acuerdo a nuestros resultados, si consideramos que la forma de desprendimiento es determinante en los resultados sobre **Fuerza de adhesión**, cuando de reciclar se trata, es preferible elegir un bracket que se desprendió **solo** a uno que fue desprendido con **pinzas**.

### ***La significancia clínica y la significancia estadística.***

Ya que no encontramos diferencias estadísticamente significativas en la *Fuerza de adhesión* de brackets nuevos y reciclados, discutiremos la pertinencia de llevar a cabo la justificación de la significancia clínica

En la búsqueda del tamaño de la muestra de las investigaciones consultadas, se puede observar que por lo general se llevan a cabo pruebas *in-vitro* con grupos de experimentación pequeños ( $n < 30$ ); lo cual se deba a la dificultad que implica la recolección de dientes humanos para experimentación y el tiempo recomendado para su almacenamiento a tan corto plazo.

El estándar<sup>49</sup> sugiere que “la cantidad de material de prueba deberá ser suficiente y del mismo grupo”, sin embargo, no menciona el tamaño apropiado.

El análisis estadístico de ANOVA de una vía que aplicamos arrojó textualmente:

“ The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference ( $P = 0.465$ ).”

Lo anterior significa que las diferencias en los valores promedio entre los grupos de prueba no resultaron ser lo suficientemente grandes para excluir la posibilidad de que las diferencias hayan sido debidas al tamaño de la muestra, (*por lo cual*) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.145$ ) entre los grupos del estudio. Con base en lo anterior, de haber tenido un error en el método, éste fue de tipo II (estadísticamente hablando), el cual es dependiente del tamaño de la muestra.

El texto indica además: “**You should interpret the negative findings cautiously**” por lo que, en una investigación con resultados como el nuestro, podemos concluir que debido al tamaño de la muestra, no tuvimos evidencia suficiente para demostrar que los grupos resultaron diferentes. Esto significa que probablemente **si** existe diferencia entre los grupos, pero que no se pudo detectar por un insuficiente número en el tamaño de la muestra <sup>72</sup>.

En la búsqueda de la justificación de los resultados que encontramos, ahora sabemos que el número recomendado como óptimo para estudios de esta naturaleza es de 30, que estadísticamente corresponde al mínimo por probar<sup>75</sup>.

Por lo anterior, se recomienda que en estudios futuros se cuente con un tamaño de muestra superior 30, ya que es el número de datos, estadísticamente hablando, que permitirá que la distribución subyacente se pueda modelar de acuerdo a una distribución normal, con lo cual se podrán obtener resultados estadísticos más cercanos a la realidad.

### ***Fuerza de Adhesión y uso del Sistema ARI modificado.***

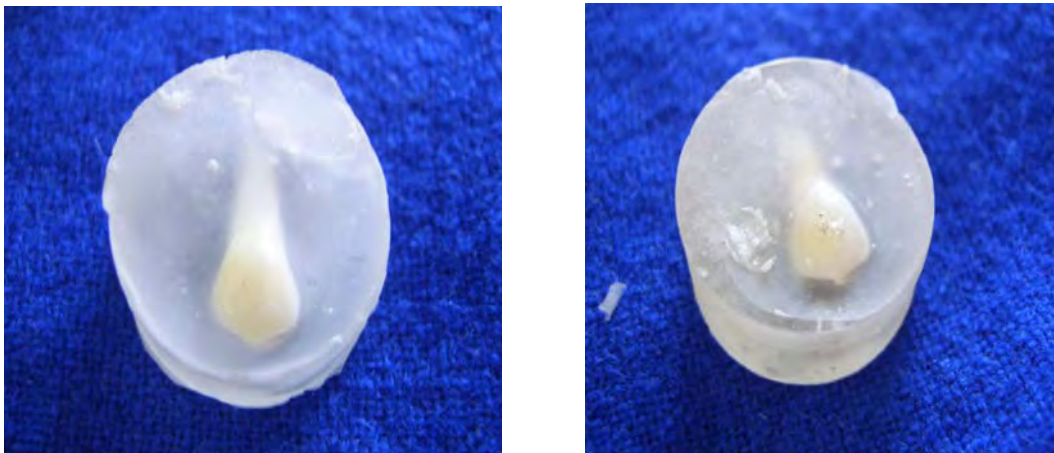
El Sistema ARI modificado se propone como un procedimiento que ayuda a determinar, al igual que en estudios previos<sup>32, 59, 60, 62, 63, 64, 65</sup> la cantidad de adhesivo remanente, el sitio de la interfase de desprendimiento (falla de adhesión) y el grado de adhesión alcanzado. El análisis descriptivo de los resultados se realizó a través de la distribución de frecuencias<sup>72</sup>, llamado también distribución de interfases<sup>11</sup> y se muestra en las [tablas 12 y 13](#)

El **Índice de Adhesivo Remanente** encontrado en 60 brackets de ortodoncia nuevos y reciclados, se muestra en la [tabla 12](#). Como se puede observar, el comportamiento para los tres grupos de brackets fue muy similar.

En el grupo **A** de brackets nuevos (grupo control), se encontró un 40% de la población con ARI **2**, ocurriendo de la misma manera para el grupo **B** (40%). En el grupo **C** ocurrió en el 45%; ARI **2** indica que **MÁS de la mitad** del adhesivo se quedó en la base del bracket.

Del lado opuesto, el comportamiento de las calificaciones de ARI **0** fue también muy similar para los tres grupos de brackets; en el grupo **A** se obtuvo el porcentaje mas bajo del total de la muestra (5%), con 10% para los grupos **B** y **C**, lo que indica que **NINGÚN** adhesivo se quedó en el bracket sino por el contrario, en el esmalte dentario.

Las calificaciones ARI **2** y **3** se observaron en el 75% del total de brackets probados. Lo anterior demuestra que nuestros resultados fueron adecuados, ya que estamos seguros que ARI **2** y **3** corresponden a calificaciones que representan *el ideal clínico*, ya que lo esperado es que el adhesivo se quede en la base del bracket y no en el esmalte dentario (figura 19).



**Figura 19. Aplicación del Sistema ARI modificado después de la prueba.**

**Casi sin huella de la malla**

**La malla del bracket dejó huella\*\***

### Interfase de desprendimiento:

Pruebas *in-vitro* de Silverstone<sup>78</sup> como las de otros autores<sup>57, 58, 59</sup> indican que la falla ó desprendimiento puede tomar lugar entre bracket y adhesivo, dentro del mismo adhesivo o entre el adhesivo y el esmalte dentario. Ocurre una falla cohesiva cuando se separan dos sustratos de la misma naturaleza, y falla adhesiva cuando los sustratos o superficies son de distinta naturaleza. De acuerdo a los criterios definidos, determinamos como falla cohesiva si el adhesivo se rompió dentro de sí mismo y falla adhesiva sobre el diente cuando el adhesivo se quedó en la base del bracket.

Una vez realizada la prueba de desprendimiento en la máquina Instron, fue observada por dos investigadores la base del bracket a simple vista (tal cual se lleva a cabo en el consultorio dental), para determinar el sitio de la interfase de desprendimiento en los brackets de experimentación.

En la [tabla 13](#) que muestra la distribución de Interfases de desprendimiento donde podemos observar que, por lo general, (42%) el sitio de la falla ocurrió en la interfase adhesivo/adhesivo (ARI [2](#)), mientras que en el 33% de la muestra (ARI [3](#)), la falla de adhesión ocurrió en la interfase adhesivo/esmalte (adhesión sobre el diente). Lo anterior indica que **MÁS de la mitad** y **TODO** el adhesivo se quedó en la base del bracket. Wang<sup>11</sup> reporta que debido a las concentraciones de esfuerzo a la que están sometidos los brackets en el medio intra-bucal y a defectos en la capa del adhesivo, se encuentra por lo general un porcentaje siempre relativamente mas grande de falla adhesiva sobre el diente.

Sobre de los hallazgos obtenidos en nuestro estudio, el sitio de la fractura ocurrió predominantemente en la interfase adhesivo/adhesivo (42%), y en segundo lugar en la interfase adhesivo/esmalte (33%) lo que indica que por lo general (75% de la muestra), la mayor parte del adhesivo se quedo pegado a la base del bracket y no en el esmalte dentario, lo cual representa una alta significancia clínica. Nuestros hallazgos concuerdan con resultados de ARI reportados en estudios previos<sup>11, 47, 55, 58, 60, 64, 65</sup>. Ártun<sup>59</sup> encontró que la falla ocurría predominantemente en la interfase *resina-cristal* cuando los brackets

fueron retirados del diente, estableciendo que cuando el desprendimiento ocurría *dentro* de la capa de la resina, indicaba que los cristales estaban suficientemente adheridos a la superficie del esmalte. De la misma manera [Maijer<sup>58</sup>](#) reportó en su estudio que la falla ocurrió la mayoría de las veces dentro de la capa de la resina, pudiendo observarse una gran huella de la presencia del adhesivo en la superficie del diente, y aseguró que esto indicaba que el adhesivo estaba *adherido* al esmalte dentario más fuertemente de lo que era necesario. Esto hizo concluir a los autores que el entrelazado mecánico que ocurre cuando el adhesivo penetra dentro del esmalte grabado a una profundidad más allá de 50  $\mu\text{m}$  puede ser más fuerte de lo que realmente se necesita. Cuando se graba *mucho* la traba mecánica *podiera* ser mayor, pero se corre el riesgo de dañar al esmalte debido a la profundidad que se alcanza con el excesivo grabado<sup>58, 59 76, 77</sup> Una más débil pero suficiente conexión entre el esmalte y el adhesivo (menor profundidad en el socavado de la superficie del esmalte), permitirá la misma efectividad, sin tener a cambio porcentajes altos de desprendimientos indeseados.

El tipo y tiempo de grabado deberá ser suficiente para permitir una adecuada retención mecánica, pero no excesivo como para perforar demasiado. Esto se puede considerar, protección al esmalte.

### **Relevancia de la aplicación del Sistema ARI modificado.**

La utilización del Sistema ARI modificado cobra relevancia ya que ayuda al clínico a determinar fallas en el método de cementación de brackets de ortodoncia, tales como: adecuada preparación del esmalte (profilaxis, tiempo de grabado, enjuague, control de la humedad), tipo de adhesivo utilizado y características propias del bracket.

Por otro lado permite llegar a conclusiones sobre el *grado de adhesión* alcanzado que consiste en un concepto permite concluir que:

- La limpieza del esmalte puede ser más rápida y fácil, sin riesgo de dañarlo con el uso de fresas ni piedras que lo rasguen al limpiar el adhesivo remanente
- El procedimiento de grabado fue correcto.
- La retención mecánica que ofreció el diseño de la base del bracket fue correcta (**TODO** el adhesivo dejado en el bracket)

- El adhesivo utilizado resultó adecuado ya que permitió una adhesión óptima.

Por otra parte, sistematizando las observaciones a través de ARI, podremos estimar y eliminar los fracasos clínicos, como cuando ocurren desprendimientos indeseados. ARI ayuda al clínico a determinar en que momento se perdió el éxito del procedimiento, cómo remediarlo y ayuda a decidir si el adhesivo y el tipo de bracket que se están utilizando, son adecuados.

Con ARI se podría otorgar una calificación que evaluara la fluidez del adhesivo. Uysal<sup>79</sup> reporta Índices de adhesivo remanente en esmalte más altos cuando se usaron resinas fluidas que cuando se usó un adhesivo con especificaciones para ortodoncia. En el estudio de Flores<sup>63</sup> se consideró un criterio tal que tenía que ver cuando el esmalte dentario se rompió durante la prueba de desprendimiento, que fue considerado como una falla de “*cohesión*”. La importancia sobre las modificaciones que diversos autores<sup>32, 60, 62, 63, 64, 65</sup> proponen al Sistema ARI original de Årtun y Bergland radica en que demuestran que ARI puede ser implementado y modificado de acuerdo a los propósitos particulares de cada **protocolo de estudio**.

**ARI** debe ser aplicado en situaciones clínicas que involucren adhesión y por consiguiente desprendimiento.

En virtud de que no fue parte de los objetivos del presente estudio, no se llevó a cabo ninguna prueba estadística de correlación entre ARI y **Fuerza de adhesión**. Sin embargo, podemos inferir que las calificaciones ARI 2 y 3 están generalmente asociadas con *Fuerzas de adhesión* más altas (tabla 9), lo que puede suponer que cuando es requerida una fuerza mayor para desprender, **más de la mitad** (ARI 2) y **todo** el adhesivo (ARI 3) se queda en la base del bracket. Parece que cuanto más resiste el bracket al desprendimiento más cede el adhesivo dentro de él mismo (42%) generando en consecuencia una falla cohesiva.

### ***La máquina Instron y la prueba de desprendimiento***

Para llevar a cabo la *prueba de desprendimiento* nos apegamos al **método** que ha sido implementado y probado en repetidas ocasiones en la máquina de pruebas universales Instron **5567** (*Canton, Mass. USA*), del Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la Facultad de Odontología, UNAM<sup>9, 27, 63, 71</sup>.

La fuerza que se aplicó ocurrió en corte (***shear mode***), ya que al jalar el bracket fuera de lugar desde la mordaza superior de la máquina, se generó una fuerza orientada verticalmente que cizalló (cortó) hasta desprender. La velocidad de la carga fue de 1 mm/ minuto, que corresponde a la velocidad que se ha venido utilizando<sup>63, 64, 65</sup>, en pruebas de adhesión de brackets de ortodoncia.

Con el afán de llegar a conclusiones, y analizando aquellos **factores** que pudieron ser determinantes en los resultados que obtuvimos, podemos considerar que, de haber existido algún error, pudo haberse cometido en alguno de los siguientes momentos del procedimiento:

1. Elección de pacientes de ortodoncia.
2. Selección de brackets.
3. Procedimiento para la cementación de brackets, ácido grabador, adhesivo y tipo y diseño de bracket metálicos utilizados.
4. Almacenamiento de premolares extraídos.
5. Montaje de especímenes en el anillo con acrílico.
6. Errores de medición durante la prueba de desprendimiento.

Ya se discutió anteriormente, que el único problema que demostró ser inadecuado, correspondió al **tamaño de la muestra**.

En cuanto a la elección de pacientes, diseño de brackets, adhesivo utilizado y procedimiento de adhesión de brackets utilizado, no hay posibilidad de error alguno, ya que consiste en un método que ha sido clínicamente probado<sup>71</sup> y que por lo general se utiliza en los posgrados de ortodoncia.

Existen variables que se relacionan directamente con características propias del diente que son difíciles de controlar en su totalidad. ISO 11405<sup>49</sup> asegura que “*se torna necesario tomar en cuenta la recomendación de tener en la medida de lo posible el más estricto control de las variables tales como la edad, **historia cultural y dietética** así como estado de salud general del donante, y estandarizar en la medida de lo posible la composición y estructura de los dientes*”. Es sensato considerar que **todo** lo anterior en conjunto o en partes, puede influir en los resultados obtenidos sobre *Fuerza de adhesión* de una investigación *in-vitro* como la nuestra.

Sería adecuado considerar que, para estudios futuros se proponga en la metodología el uso de modelos con el objeto de sustituir la variable que representa la superficie del esmalte y experimentar con una superficie plana.

Con respecto al **método**, es difícil suponer que la prueba se haya medido con mucho error, ya que es un método previamente probado y largamente aplicado en estudios similares<sup>9, 27, 63, 71</sup>.

Sin embargo, para justificar los hallazgos podríamos considerar que quizá se llevó un no muy adecuado montaje de los especímenes con acrílico en el anillo de metal, ya que cualquier variación en la posición del diente en el largo de su eje vertical pudo haber influido en los resultados. De la misma manera es *posible* que se tuvieran errores de medición al momento de la prueba de desprendimiento, donde el bracket pudo haber quedado excéntrico y de haber ocurrido así, el experto en el manejo de la máquina de pruebas deberá elevar las precauciones en el próximo estudio por llevar a cabo.

De cualquier manera, las pruebas de laboratorio deberían además, simular el estrés al que el ambiente bucal somete a los aditamentos de ortodoncia (brackets) para que los **resultados en laboratorio** sean más cercanos a la realidad<sup>60</sup>.



### ***Comparación de resultados obtenidos sobre Fuerza de Adhesión con estudios similares***

Contrastar resultados acerca de la **Fuerza de adhesión** de brackets reciclados se torna complicado debido a las diversas variables de estudio que cada autor reporta en sus hallazgos, tales como:

- Utilización de brackets metálicos, plásticos ó de porcelana.
- Características propias del tipo de bracket (manufactura, diseño de la base, grosor de la malla y entretejido de la misma, tamaño del bracket).
- Diversos procesos de reciclaje empleados, comerciales o en consultorio.
- Utilización de grabado ó autograbado para el esmalte dentario.
- Tipo de adhesivo utilizado (sistemas de adhesión).

De la misma manera, los diversos MÉTODOS para llevar a cabo la investigación, como sería el caso del tamaño de la muestra, utilización de dientes naturales o modelos preparados y por diferencias en el modo de aplicación de las cargas (*the tensil and the shear mode*) para lograr el desprendimiento.

Todos y cada uno de los factores arriba mencionados pueden influir en los diferentes resultados obtenidos sobre **Fuerza de adhesión** de brackets metálicos de ortodoncia reciclados, y cuya diferente manera de nombrarse (*fuerza de retención, resistencia a la carga o resistencia al desprendimiento*) representa también una diferencia en la manera en que cada autor publica los resultados sobre el mismo tema.

Por todo lo anterior, concluimos al igual que [Regan<sup>10</sup>](#), que la significancia en los resultados sobre **Fuerza de adhesión** es difícil de extrapolar, debido al número considerable de factores que pueden afectar la **Fuerza de adhesión** y sobre todo a un amplio rango de variables operativas que afectan el tipo de resultados.

Se deberán concertar en la medida de lo posible estándares que lleven a realizar investigaciones sobre reciclamiento de brackets y la influencia del desprendimiento de acuerdo a criterios **mejor definidos**, que permitan comparar de manera más cercana los resultados entre sí y con los de otros investigadores.

### ***Resultados de estudios con la misma máquina de pruebas***

Con el objeto de determinar diferencias o semejanzas, en este apartado consideraremos resultados de otras investigaciones que, aunque contaron con propósitos de estudio diferentes, utilizaron el mismo método de prueba de desprendimiento en la máquina Instron modelo 5567 (*Canton, Mass., USA*), que nosotros utilizamos.

Ávalos & Katagiri<sup>71</sup> compararon la **Fuerza de adhesión** en brackets cerámicos de adhesión química y adhesión mecánica, reportando que encontraron 11.94 MPa ( $\pm 4$ ) para el grupo control de brackets metálicos.

López & Palma<sup>9</sup> utilizaron dos tipos diferentes de base de brackets metálicos con dos tipos de adhesivos. Reportaron una **Fuerza de retención** para su grupo control de brackets metálicos con base de malla de 6.95 ( $\pm 2$ ); para los de base de rielera Mini-dynalock de 6.09 ( $\pm 1$ ) cuando utilizaron la misma resina. Cuando emplearon un adhesivo de un solo paso y brackets metálicos con base de malla, reportaron una **Fuerza de retención** de 7.65 ( $\pm 2.8$ ) MPa.

El estudio de Alfaro<sup>27</sup> sobre **resistencia al desprendimiento** en brackets metálicos, tuvo como propósito conocer el grado de adhesión de brackets re-acondicionados (*reciclados mediante quemado y arenado*) utilizando una resina para brackets de ortodoncia y una resina fluida. Reportó 10.10 MPa para Transbond XT que fue la más alta y 4.20 MPa cuando usaron resina fluida (caso control, de brackets nuevos). Una vez que los brackets fueron reciclados, reportaron 8.34 MPa para Transbond XT, mientras que al utilizar Tetric Flow obtuvieron 3.87 MPa, observándose una franca reducción en

la *Fuerza de adhesión* una vez que los brackets fueron reacondicionaos. Concluyó que la disminución en la resistencia se debió al adhesivo residual que se quedó en el esmalte, el cual interfiere en el proceso de re-cementación, y asegura que Tetric Flow definitivamente no resulta conveniente para la cementación de brackets de ortodoncia.

El estudio de Flores<sup>63</sup> tuvo como propósito comparar tres sistemas de adhesivos (Fuji Ortho LC, con grabado al esmalte, Fuji Ortho LC, sin grabado y Transbond 3M Unitek utilizando ácido ortofosfórico al 37% como grabador, en función de determinar el daño que el grabado ácido puede ocasionar al esmalte dentario. Utilizaron microscopio electrónico para observar las condiciones del esmalte después del desprendimiento. Encontraron mayores irregularidades en el esmalte de dientes que fueron grabados, y concluyeron que grabar fue un factor crítico en la *Fuerza de adhesión* encontrada. Los valores mas bajos reportados consistieron en 6.4 MPa cuando utilizaron Fuji Ortho LC sin grabado ácido previo al cementado.

En la [tabla 14](#) se pueden observar los datos arriba reportados para compararlos con nuestros hallazgos, en virtud de que corresponden a resultados reportados que utilizaron la misma máquina de pruebas. Podemos concluir que la *Fuerza de Adhesión* obtenida en nuestro estudio corresponde a cifras de *Fuerza de adhesión aceptables*.

**Tabla 14. Comparación con autores que usaron la misma máquina universal de pruebas Instron (modelo 5567, Canton, Mass., USA)**

Autores	Dato reportado para el caso control <b>Brackets metálicos</b> <b>MPa</b>
Ávalos & Katagiri <sup>71</sup>	11.94 (± 4).
López & Palma <sup>9</sup>	6.95 (± 2)
Alfaro & Ramírez <sup>27</sup>	4.20 (± 2)
Flores, Sáez & Barceló <sup>63</sup>	14.7 (± 4)
Alvarez-M & Barceló	5.84 (± 3)

### ***Fuerza de Adhesión “clínicamente aceptable”.***

Es importante considerar las distintas maneras en que son definidos los resultados de cada autor y varios ejemplos se muestran en la [tabla 15](#).

**Tabla 15 Hallazgos de autores sobre *Fuerza de adhesión (MPa) en brackets de ortodoncia y término empleado para definirla.***

<i>AUTOR</i>	<i>Fuerza de adhesión reportada</i>	<i>se define como</i>
Regan <sup>10</sup>	Nuevos 14.6 ± 2.2 Reciclados 6.8 (± 3.4)	
Wang <sup>11</sup>	9.32	Fuerza de adhesión relativamente fuerte
Quick <sup>32</sup>	7.37 en brackets quemados/arenados 2.71 en brackets QUEMADOS	Clínicamente aceptable
Bishara <sup>55</sup>	2.2 ± 2.6 en brackets reciclados**	
Bishara <sup>80</sup>	10.4 ± 4	Clínicamente aceptable
Uysal <sup>79</sup>	5 a 9	Adecuada para la rutina clínica
Faltermeier <sup>64</sup>	no menor < 6 no > 14	Clínicamente adecuada
Bulut <sup>67</sup>	9-12	Clínicamente más que satisfactoria
Ávalos, Katagiri <sup>71</sup>	24.80 *** 11.94	Riesgo de fractura durante la remoción  Adecuada

\*\* *corresponde a los valores más bajos encontrados*

\*\*\* *corresponde al valor más alto encontrado. Ocasiona severos daños al esmalte durante el desprendimiento*

Regan<sup>10</sup> reportó una *Fuerza de adhesión* para brackets nuevos Edgeway, de 14.6 ± 2.2 MPa, mientras que para los mismos brackets reciclados una vez por el procedimiento térmico, con un valor de 6.8 (± 3.4) MPa.

Wang<sup>11</sup> reportó que la *Fuerza de adhesión* para los brackets *Tomy* fue de 9.32 MPa y utiliza el término “*fuerza de adhesión relativamente fuerte*” mientras que para el extremo contrario “*fuerza de adhesión relativamente débil*”.

Quick<sup>32</sup> asegura que el proceso de reciclaje de quemado y arenado fue lo más efectivo y no produjo ningún cambio significativo en la **Fuerza de adhesión** ya que obtuvo 7.37 MPa comparado con aditamentos nuevos 7.78 MPa (grupo control). Estableció que la aplicación de silano *no mejoró* los valores de fuerza de adhesión (4.72 MPa) y que los brackets reciclados que solamente fueron quemados obtuvieron la más baja *Fuerza de adhesión* (2.71 MPa), seguidos por aquéllos que fueron rayados con piedra verde (4.61 MPa).

Bishara & Gordan<sup>55</sup> evaluaron el efecto de tres reciclamientos utilizando dos adhesivos diferentes; reportando que cuando usaron la resina *Smartbond* obtuvieron un promedio de  $2.2 \pm 2.6$  MPa en brackets reciclados, que resultaron los **valores más bajos** en *Fuerza de adhesión* que encontramos reportados en la literatura.

Bishara & Gordan<sup>80</sup> reportan una *Fuerza de adhesión* menor de 5.9 MPa cuando utilizaron ácido fosfórico o maleico para grabar, a diferencia de que cuando utilizaron autograbadores resultó una fuerza de adhesión de  $10.4 \pm 4$  MPa, la que los autores consideraron **clínicamente aceptable**.

En su estudio sobre resistencia al desprendimiento utilizando varios *composites* fluidos, Uysal<sup>79</sup> reportó que las resinas fluidas tuvieron menor resistencia al desprendimiento encontrando valores para *Flows-Rite* de 6.60 MPa, 7.75 MPa para *Filtek Flow* y 8.53 MPa para *Flow Line*. Cuando usaron resina para brackets (*Transbond XT*) obtuvieron una fuerza de adhesión de 17.10 MPa. El autor<sup>79</sup> concluye que a pesar de que las resinas fluidas no penetran por completo en la malla alcanzan resistencias de **5 a 9 MPa**, que asegura son **adecuadas para la rutina clínica**.

En seguida definiremos el término “**clínicamente aceptable**” sobre las bases de *protección al esmalte dentario*: Flores y cols.,<sup>63</sup> al comparar la fuerza de desprendimiento con y sin grabado previo, establecen que, aunque el procedimiento de grabado está aceptado, causa pérdida de esmalte y descalcificación, manifestándose como manchas blancas que representan un problema clínico significativo. Los autores aseguran que es de considerar el daño causado al esmalte dentario cuando es grabado y concluyen que, de acuerdo a los resultados de su estudio se demostró que se registraron cambios significativos en la superficie del esmalte que ellos observaron, con una evidente **presencia de cemento remanente en el esmalte**, reportando 14.7 MPa para el grupo control de su estudio. Esto confirma que una “muy fuerte” *Fuerza de adhesión*, no siempre asegura protección para el esmalte dentario.

Faltermeier<sup>64</sup> sostiene que la *Fuerza de adhesión* deberá ser suficientemente fuerte para resistir desprendimientos accidentales dentro de la boca durante el tratamiento, pero suficientemente baja como para remover el bracket del diente sin necesidad de generar excesiva fuerza al llevarlo a cabo (ya que se podría dañar no solo al esmalte mismo sino incluso al periodonto). Asegura que la *Fuerza de adhesión* de un bracket de ortodoncia deberá ser menor que la fuerza necesaria para ocasionar ruptura del esmalte, la cual asegura el autor, corresponde a aproximadamente 14 MPa. El autor<sup>64</sup> discute que por lo común ha sido considerado que la fuerza de adhesión clínicamente adecuada para un bracket metálico de acero inoxidable de ortodoncia debería estar por encima de 6 MPa. Cuando los valores que se encuentren por debajo, propone el autor<sup>64</sup> que se deberá llevarse a cabo una investigación sobre la relevancia clínica.

Bulut<sup>65</sup>, hace hincapié en que estudios *in-vitro* han demostrado el significativo crecimiento de bacterias que ocurre en la periferia de los adhesivos que mantienen adherido el bracket de ortodoncia. El autor menciona que la desmineralización del esmalte tiene una prevalencia por encima del 96% en

pacientes que están cursando con tratamientos de ortodoncia (aparatoología fija). Dicha desmineralización puede ocurrir a partir de la 4ª semana de tratamiento y puede llevar a la cavitación. Por lo anterior, el autor<sup>65</sup> concluye que *regímenes consistentemente preventivos* deberán ser implementados aún antes de cementar brackets de ortodoncia. El autor propone que una *Fuerza de adhesión* de 9 a 12MPa es clínicamente más que satisfactoria.

Dentro de los **valores más altos** sobre *Fuerza de adhesión*, encontramos los resultados de [Ávalos & Katagiri<sup>71</sup>](#) con un promedio de desprendimiento de 24.80 MPa para brackets policristalinos de adhesión química (cerámicos), más alto incluso que el resultado de su grupo control de brackets metálicos (11.94 MPa). Los autores concluyeron que la *Fuerza de adhesión* que obtuvieron los brackets policristalinos pueden *provocar daño al esmalte* durante su remoción, ya que la fuerza necesaria para desprender un bracket de adhesión química en comparación a la necesaria para desprender un bracket metálico fue de más del 100%. Hacen hincapié en que “*los brackets de adhesión únicamente química, provocan un aumento en la incidencia de fracturas al esmalte durante la remoción del bracket*” (riesgo de fractura de una parte de esmalte dentario durante el desprendimiento), por lo que establecen que la *Fuerza de adhesión* obtenida para su grupo control en brackets metálicos (11.94 MPa) corresponde a una medida considerada como **adecuada**.

En el estudio de [Valletta<sup>62</sup>](#) resultó que el adhesivo Transbond obtuvo la mayor *Fuerza de adhesión* respecto a los otros dos sistemas (Concise y Fuji Ortho). El autor concluyó que Fuji Ortho fue el más propenso a desprendimiento accidental, pero que Transbond tendió a provocar lesiones en el esmalte, puesto que fueron requeridas altas cargas para desprender al bracket del diente.

Se puede asegurar que una *Fuerza de adhesión* puede ser considerada *clínicamente aceptable o adecuada* cuando la adhesión del bracket no cause ningún riesgo de daño a la integridad del esmalte dentario y garantice la permanencia del bracket *in situ* a lo largo del tiempo del tratamiento de ortodoncia.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, y gracias a la aplicación del Sistema ARI **modificado** podemos concluir que la *Fuerza de adhesión* reportada en este estudio ( $5.84 \pm 3.46$  MPa) resultó *clínicamente aceptable*. Lo anterior se sustenta no solo por la discusión previa, sino que por más de 10 años en la consulta privada he utilizado tanto los brackets metálicos nuevos así como el adhesivo que probé en el presente estudio, por lo que puedo asegurar de acuerdo a mi experiencia clínica que la *Fuerza de adhesión* es clínicamente aceptable (*suficiente*), ya que ha mostrado una óptima resistencia al desprendimiento con un mínimo porcentaje de falla.

Resistencia óptima y de-brackeo fácil, representan seguramente la elección que la mayoría de los clínicos prefiere; estamos seguros y conscientes que no es adecuado ni necesario grabar tanto. **Clínicamente aceptable** es un concepto que se refiere a la experiencia obtenida por el ortodoncista en la rutina clínica. Representa una *Fuerza de adhesión convencional suficiente* para brackets de ortodoncia, que implica una óptima resistencia al desprendimiento con una alta significancia clínica.

### ***Índice sobre Fuerza de adhesión.***

Las pruebas en laboratorio pueden ser estandarizadas, como también los **Índices** de medición. Como pudimos constatar en el rubro anterior, no se encontró un **ÍNDICE** sobre **Fuerza de adhesión** que fuera único, por lo cual se puede asegurar que no existe. Consideramos entonces la importancia proponer un *Índice de fuerza de adhesión convencional* para brackets metálicos de ortodoncia, que implique una óptima resistencia al desprendimiento con una alta significancia clínica.

### ***Fuerza de Adhesión y el adhesivo utilizado.***

En la *adhesión (unión)* de brackets influyen variables tales como: la técnica de acondicionamiento (grabado), adhesivo utilizado, naturaleza propia del esmalte tipo de base del bracket y características del medio ambiente bucal.



La mayoría de las discusiones concernientes al grabado ácido tales como tiempo de grabado<sup>76, 77</sup> aplicación de ácido en gel o en solución, influencia del esmalte pre-tratado con flúor y alteraciones histológicas del esmalte, entre otras, parecen ser de escaso significado clínico, por lo menos en lo que respecta a la *Fuerza de adhesión*. Una variable operativa que si afecta el tipo de resultados en la *adhesión* obtenida después del procedimiento de pegado puede ser debida al inapropiado enjuague después del acondicionamiento, lo que explica los altos porcentajes de falla (desprendimiento) encontrados en algunas investigaciones<sup>59, 82, 83</sup>. Esto significa que para conseguir una unión adecuada, que garantice la adhesión del bracket por más tiempo, se necesita que la superficie una vez acondicionada se enjuague con agua en spray durante el mismo tiempo que duró el ataque ácido. Se ha comprobado que el enjuague prolongado con el spray de la jeringa triple puede incrementar la retención y por ende la fuerza de adhesión<sup>1, 7, 53</sup>.

La *Fuerza de adhesión* (unión) dependerá así mismo de una combinación entre la reacción química del adhesivo y el anclaje mecánico con el esmalte grabado<sup>59</sup>. El grado de adhesión puede resultar clínicamente adecuado cuando se cuente con un bracket que ofrezca una óptima retención mecánica entre la resina y la malla de la base<sup>11</sup>. El tamaño de las partículas del adhesivo<sup>12</sup>, uso de adhesivos con o sin especificaciones para ortodoncia, grosor de la capa del adhesivo<sup>84</sup>, control de la temperatura y humedad<sup>85</sup>, geometría y porosidad del esmalte y su solubilidad así como la edad el diente, son variables que se ha encontrado influyen también en la *Fuerza de adhesión* resultante.

Mecánicamente la retención del bracket se ve afectada por su ajuste al diente así como por el adhesivo empleado. La cantidad de material adhesivo a emplear deberá ser *la mínima necesaria*<sup>84</sup> ya que el ajuste íntimo entre aditamento y esmalte dará por resultado una unión fuerte, poco material a quitar al desprender y escaso efecto de corrimiento durante el pegado<sup>1</sup>.

Otro factor que puede influir en el éxito del proceso de unión, es el de conseguir que durante el proceso de fotocurado de la resina, éste se lleve a cabo sin ninguna alteración ni movimiento del bracket. El curado absolutamente imperturbado es esencial para lograr una buena y fuerte unión<sup>1</sup>.

El adhesivo utilizado en este estudio, resultó aceptable, y creemos que su viscosidad característica pudo influir en los resultados sobre *Fuerza de Adhesión*, ya que a pesar de ser un adhesivo con especificaciones para adhesión de brackets de ortodoncia, presentó una alta fluidez que no permitía de inicio mantener en posición al bracket, generando un ligero *corrimiento* del mismo. A través del ARI **modificado**, pudimos observar en algunas mallas de brackets desprendidos, la formación de burbujas de aire que suponemos no permitieron la penetración de la resina en el total de la profundidad de la malla. Lo anterior confirma hallazgos como los de Uysal<sup>79</sup> quien concluye que resinas fluidas no penetran por completo en la malla. El autor consideraba que un adhesivo fluido o semi-viscoso podía resultar mejor, ya que penetraría en los accidentes de la superficie. Sin embargo Wang<sup>11</sup> comenta en su estudio que la resina utilizada (*Concise*) conformada por grandes partículas de relleno, difícilmente pudo penetrar dentro de la malla ó permitir al aire escapar, lo que habla de la importancia en la fluidez de la resina como característica a considerar sobre el adhesivo a utilizar.

### ***Diferencias entre brackets nuevos y clínicamente usados***

Estudios<sup>46</sup> han probado brackets nuevos, los cuales han sido reciclados sin haber sido utilizados previamente en la boca de un paciente. Deberá ser considerada la corrosión del metal del bracket que ocurre intra-oralmente cuando el bracket está cementado mientras dura el tratamiento de ortodoncia. La importancia radica en que de ocurrir corrosión, ésta se localiza por lo general en las áreas “vacías” de la interfase bracket/adhesivo<sup>45</sup>, lo cual puede, finalmente, influir en la *Fuerza de adhesión*.

Estudios previos<sup>10</sup> confirman resultados semejantes a los nuestros mencionando que no existieron diferencias significativas en la *Fuerza de adhesión* entre brackets nuevos y usados clínicamente cuando fueron sujetos a un solo proceso de reciclamiento.

Nuestro grupo **B** de experimentación mostró una reducción del 32% en su *Fuerza de adhesión*, cuando fue comparada con la de los brackets nuevos del grupo control. Esta de reducción mostró un valor significativamente muy bajo. Nos referimos a los brackets **clínicamente usados** que fueron desprendidos por **pinzas**, por lo consideramos que es razonable asumir que los datos de laboratorio dan una clara indicación de los que puede esperarse en la práctica clínica.

### ***Influencia del reciclaje en la Fuerza de Adhesión***

En virtud de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre brackets nuevos (grupo control) y brackets reciclados, parece indicar que el **método térmico comercial** de reciclamiento utilizado **no influyó** en la *Fuerza de adhesión* resultante, como indican estudios previos<sup>10</sup>.  
29, 47, 86

Buscando las causas de la no significancia, podemos considerar las siguientes posibilidades:

Una de las razones por la cual no se encontraron diferencias entre los grupos tiene que ver con el tamaño de la muestra, que fue discutido anteriormente. Otra de las razones consistió en que los dientes extraídos que se utilizaron en el estudio tenían un **“esmalte virgen”**, lo que *incluyó otra variable en el estudio*, es decir, un esmalte que nunca había sido previamente grabado, lo que seguramente incrementó las condiciones de para obtener una adecuada *Fuerza de adhesión*.

Es razonable pensar que las cosas puedan ser totalmente diferentes intra-bucalmente, ya que cuando ocurre un desprendimiento indeseado en la boca del paciente, es muy posible que se puedan encontrar diferencias

significativas por el hecho de que será re-cementado un bracket reciclado en un esmalte previamente grabado<sup>41</sup>, esmalte que seguramente conservará *algún* remanente de adhesivo sobre la superficie. Alfaro<sup>27</sup> y Bisharra<sup>81</sup> confirman lo anterior, ya que concluyeron que los brackets re-cementados de su estudio tuvieron menor *Fuerza de adhesión* debido al adhesivo residual que se había quedado en la superficie del diente. Los cambios en las características morfológicas de la superficie del esmalte una vez que ha sido grabado y re-cementado un bracket, pueden ser determinantes en la ***Fuerza de adhesión*** resultante.

Con el objeto de empatar la no significancia estadística, con la significancia clínica recurrimos al concepto al cual diversos autores dan mayor importancia y que consiste en el **porcentaje de reducción** en la *Fuerza de adhesión* debida al proceso de reciclaje.

Los resultados que mostramos en la [tabla 11](#), confirman hallazgos de estudios previos [8, 10, 11, 18, 20, 21, 28, 29, 33](#) que han mostrado que el reciclamiento de brackets de acero inoxidable da como resultado una **reducción en la Fuerza de adhesión**.

La mayoría de los investigadores han reportado una reducción después del reciclamiento comercial, variando de 6-20%<sup>21, 28</sup>, aunque puede ser tan alta como 35% cuando las mallas de los brackets son más finas<sup>20</sup>.

Regan<sup>10</sup> concluyó que reciclar los brackets una sola vez ya fuera por el método químico ó térmico, dio como resultado una reducción significativa en la *Fuerza de adhesión*. Mascia<sup>20</sup> utilizando brackets reacondicionados encontró un decremento en la *Fuerza de adhesión* después del reciclaje, del 35% en comparación con brackets nuevos, no reciclados, y concluyó que esto pudo ser debido al procedimiento de electropulido que sigue a la remoción del adhesivo, ya que se conoce que este procedimiento produce pérdida de material debido al choque eléctrico.

Se conoce que el reciclamiento comercial conduce a algún grado de pérdida de material metálico en ciertas áreas del bracket y a una reducción en el diámetro de la malla. Wang<sup>11</sup> asegura que, con la pérdida de metal, ocurre una disminución en el diámetro del alambre y por ende en el espaciamiento de la malla, lo cual es de importancia ya que determina el número de aberturas por unidad de área de la base del bracket. El volumen libre entre la malla y la base

afecta la penetración del adhesivo, el escape del aire y la efectividad de la *Fuerza de adhesión* resultante.

Wheeler<sup>21</sup> midió el diámetro del alambre de la malla de las bases recicladas, pero sus resultados no fueron concluyentes a pesar que el diámetro ramal decreció 7% durante el proceso de re-acondicionamiento térmico. Concluyó que no había existido relación entre el decremento en el diámetro del alambre que forma la malla y la *Fuerza de adhesión* de las bases recicladas. Wrigth<sup>28</sup> por el contrario comprobó que si existió un decremento en la *Fuerza de adhesión* después del reciclamiento y explicó que el 45 al 75% de la reducción que ellos obtuvieron en su estudio, fue ocasionada por la disminución del diámetro del alambre de la malla después del reciclaje.

Postlethwaite<sup>22</sup> tampoco encontró ningún decremento en la *Fuerza de adhesión* después del reciclamiento por dos compañías comerciales, pero si encontró un decremento significativo en el diámetro del entretejido de la malla.

Unkel<sup>5</sup> asegura que en el reciclamiento de aditamentos de ortodoncia existe la posibilidad de alterar las características mecánicas y químicas originales del bracket sobre todo de la materia ramal de la malla de la base del bracket. El calentamiento y los ciclos de templado inducen al ablandamiento del metal, lo cual puede afectar los atributos físicos del metal<sup>1</sup>.

Matasa<sup>37</sup> por su parte demostró cambios finales en la superficie de la base después del reciclaje, los que ocurren durante el procedimiento de calentamiento y electropulido. El autor asegura que el calentar los brackets a una temperatura por arriba de 400°C para remover de los brackets del total del adhesivo, se consigue la suficiente pérdida de metal que conlleva a una reducción en la retentividad de la malla del bracket.

El quemar el bracket para eliminar todo el adhesivo remanente en la malla, da como resultado una apariencia café pardusca nada estética en el bracket, que torna obligatorio el pulido en todos los casos, y está comprobado que durante el proceso del electropulido<sup>20</sup>, resulta la mayor pérdida de material en la base del bracket, lo que conduce a una pérdida en la capacidad retentiva<sup>10, 37</sup> que provee la rugosidad de la misma, rugosidad que contribuye de manera importante en la retención mecánica adicional.

Concluimos que, si el reciclamiento conlleva a cambios y a una a una pérdida de metal<sup>1, 5, 11, 22, 28</sup>, a una reducción en el diámetro de la malla así como a una pérdida en la rugosidad de la misma (pérdida de retentividad)<sup>10, 18, 20, 37</sup>, consideramos que la reducción encontrada en nuestros resultados, pudo ser debida no solo a dichos factores, sino también al **procedimiento de electropulido** que sigue a la remoción del adhesivo<sup>20</sup>. El pulido de los brackets reciclados de nuestro estudio resultó tan intenso que incluso se observaron más brillantes que los brackets nuevos del grupo control (fig. 20).



**Figura 20. Se observan brackets reciclados muy brillantes.**

La significativa reducción (32%) que encontramos en la **Fuerza de Adhesión** de brackets reciclados correspondió al grupo **B** de brackets reciclados que fueron desprendidos por **pinzas**, reducción que consideramos fue ocasionada no solo por el método de desprendimiento, sino que seguramente influyó también el proceso de electropulido así como la pérdida de material sufrida durante el reciclamiento, lo que ocasionó alguna disminución en el diámetro de la malla con la consecuente reducción de la retentividad de la misma.

Los efectos del reciclamiento dependen del **proceso de reciclaje** utilizado, del tipo de acero del cual esta construido el bracket, del **electropulido** y del tipo de diseño de base de la malla bracket<sup>10, 11, 19, 20, 21, 22, 28, 29, 32, 33, 37, 47</sup>.

Se requiere investigación futura para determinar los efectos en las propiedades metalúrgicas de los brackets, y las posibles consecuencias clínicas.

Cacciafesta<sup>47</sup> establece que los sistemas de re-acondicionamiento de brackets causan otros efectos, que pueden ser clasificados en aquellos que ocurren durante el proceso de de-brackeo (cerramiento de la ranura, alteración en las dimensiones de la base del bracket, angostamiento del espacio posterior de las alas para atar la ligadura y distorsiones en el brazo de poder), y aquellos que son causados por el ciclo de calentamiento (propensión a la corrosión del acero, ablandamiento en la estructura del metal y bloqueo del sistema de auto ligado) y aquellos que resultan del proceso de electropulido (ensanchamiento del tamaño de la ranura, aplanamiento de la base y adelgazamiento del brazo de poder). Por consiguiente, **técnica de desprendimiento, calor y electropulido** son los factores claves en los proceso de re-acondicionamiento de brackets<sup>47</sup>.

### ***Los hallazgos en pruebas de Laboratorio***

Es importante conocer el comportamiento de un bracket de ortodoncia metálico reciclado a través de pruebas de laboratorio, sin embargo, lo clínico deberá cobrar mayor relevancia.

Investigaciones futuras serán requeridas para determinar si los hallazgos de estudios *in-vitro* son aplicables y están presentes de la misma manera en la práctica clínica. Hajrassie<sup>67</sup>, considera imposible reconstruir en un modelo *in-vitro* las semejanzas del modelo *in-vivo* debido a los varios parámetros del medio ambiente bucal que no se pueden reproducir bajo las mismas condiciones. Asegura que ha sido tradición estimar resultados clínicos a través de datos obtenidos *in-vitro* y que son relacionados con las pruebas de *Fuerzas de adhesión* ortodónticas, como en nuestro caso. Es tradicional que los sistemas de adhesión sean medidos a través una maquina de pruebas universales. A pesar de que la maquina de pruebas es considerada el estándar para establecer los valores sobre *Fuerza de adhesión*, los resultados están

basados en resultados del estudio in-vitro y pueden no ser clínicamente aplicables<sup>67</sup>. ¿Cómo pueden los resultados ser comparados si los mismos adhesivos fueron probados en boca con los brackets sujetos a saliva, degradación química y física y a la erosión debida a los alimentos y a la actividad bacteriana del medio ambiente bucal?

El estudio de Hajrassie<sup>67</sup> sobre análisis de supervivencia para calcular la probabilidad de falla de adhesión confirmó diferencias estadísticamente significativas entre los medio-ambientes bucales in-vivo con los de in-vitro. Se puede observar en la [tabla 16](#) la marcada diferencia entre las *Fuerzas de adhesión* del estudio cuando los hallazgos fueron obtenidos en el laboratorio a aquellos obtenidos directamente en la boca del paciente.

**Tabla I6. Comparación de los promedios de *Fuerza de adhesión* (MPa) en cuatro periodos de tiempo**

<b>Tiempo</b>	<b>Promedio</b>	<b>DE</b>	<b><math>\eta</math></b>
10 min			
In-vitro	12.70	2.87	15
In-vivo	5.24	1.08	15
24 horas			
In-vitro	14.22	2.36	15
In-vivo	6.01	1.08	15
1 semana			
In-vitro	14.32	4.15	15
In-vivo	5.49	1.17	15
4 semanas			
In-vitro	14.66	3.50	15
In-vivo	5.92	1.44	15

*Tomado de: Hajrassie<sup>67</sup> MKA y cols. Am J Orthod Dent Orthop, 2007*



Cuando se comparan los resultados de la [tabla 16](#), los registros de *Fuerza de adhesión* in-vivo muestran ser significativamente más bajos ( $P < .05$ ) que los medidos in-vitro. Esto apoya la hipótesis del autor sobre el hecho que las *Fuerzas de adhesión* del estudio in-vivo son menores que las *Fuerzas de adhesión* del estudio in-vitro. Los hallazgos en las diferencias significativas puede significar que el medio ambiente experimental no representa de manera precisa el medio ambiente bucal, por lo que las bajas *Fuerzas de adhesión* in-vivo podrían deberse a la exposición a la saliva, abuso (maltrato) por parte del paciente y fuerzas masticatorias que aplican. El autor establece que las pruebas de laboratorio deberían simular la tensión que sufren los aditamentos de ortodoncia en el medio ambiente bucal.

Además, los valores obtenidos in-vivo obtuvieron una desviación estándar (DE) considerablemente menor comparados con los valores in-vitro, que puede ser debido a la manera consistente y precisa de registrar los datos en este estudio<sup>67</sup>.

### ***Elegir brackets reciclados o no.***

La casa comercial *Orthotronics* (USA) recicla casi 100,000 brackets mensualmente. Por cuestiones financieras<sup>87</sup>, ellos como otros son los más interesados en recomendar el reciclamiento de brackets metálicos de ortodoncia.

Durante la Conferencia Británica de Ortodoncia en 1996, el Grupo de Profesores de Ortodoncia<sup>25</sup> discutió sobre los factores asociados al reciclamiento, concluyendo que *si las propiedades de un componente no eran afectadas por el proceso de reciclamiento* no existía entonces razón científica por la cual los aditamentos no debieran ser reutilizados. Lo anterior, no exime al ortodoncista de las cuestiones ética y de la responsabilidad que asume cuando decide reciclar, ya que de hacerlo, deberá manejarlo desde una sustentación científica fundamentada que ofrezca evidencia de confiabilidad en el re-uso de los mismos.

Aun cuando los resultados de laboratorio puedan ser concluyentes y a pesar que los brackets reciclados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, el hecho deberá ser tomado con cautela. Se conoce que el reciclamiento de brackets metálicos puede producir cambios en la estructura del metal, malla y estructura dimensional, y existe la posibilidad de alterar las características mecánicas y químicas originales de los brackets<sup>5</sup>, lo que puede finalmente comprometer la *Fuerza de adhesión*.

El reciclamiento de brackets no se enseña a los estudiantes en virtud de que no forma parte de los contenidos de los programas académicos. El clínico se vale de su iniciativa y de lo que *ha escuchado*<sup>68</sup>. Su escasa o extensa experiencia de decisión es definitiva. Pero, ¿qué es lo que lleva a los clínicos a reciclar brackets?: se conjugan factores como ideología, creencias, juicios de valor, actitudes, capacitación profesional y ética profesional.

Lo más importante es cómo se interpretan los resultados. El estudio cuidadoso de la información científica sobre reciclamiento de brackets es imprescindible y cuando la sustentación científica (pruebas de laboratorio) no reporte elementos suficientes, deberemos tender hacia la *fundamentación teórica*, es decir, cuando la significancia estadística y la significancia clínica no empatan, el criterio dependerá en mucho del investigador y por ende, del clínico que decida implementar los hallazgos en su consulta.

Se recomienda una cauta interpretación de los estudios *in-vitro*, porque los resultados *in-vivo* no siempre reflejan y verifican los hallazgos de laboratorio<sup>1, 67, 68</sup>. Las investigaciones que por lo general se llevan a cabo bajo condiciones *ideales* en el Laboratorio no replican el comportamiento de los materiales cuando se encuentran en la boca<sup>47</sup>. La contaminación intra-oral, humedad, temperatura, fuerzas masticatorias, trauma y mecánica ortodóntica pueden influir en los resultados sobre *Fuerza de adhesión*.

Los brackets reciclados pueden presentar una menor *Fuerza de Adhesión* comparada con la de los brackets nuevos, ya que se puede presentar pérdida de material durante el procedimiento de reciclamiento<sup>5, 11, 19, 22, 28</sup> lo que

podría reducir el tamaño y la efectividad de los elementos retentivos de la base y alterar también el tamaño de la ranura del bracket. De la misma manera, es posible que el proceso de reciclaje pueda afectar los brackets debido a una alteración en su configuración dimensional, física ó química.

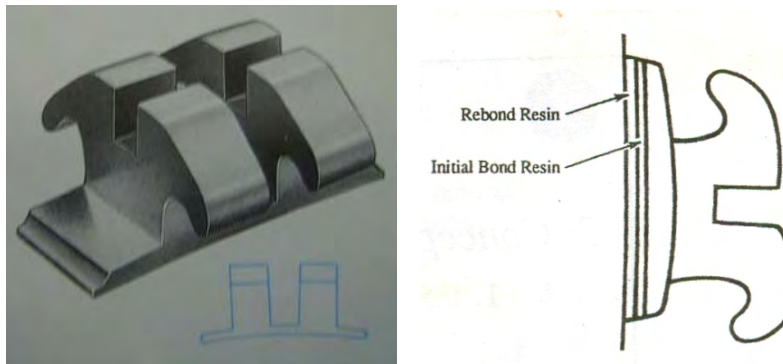
El **calentamiento** y los ciclos de templado son factores que pueden afectar los atributos del metal, ya que inducen al ablandamiento del mismo<sup>1, 5, 32</sup>. Dicho ablandamiento vuelve al bracket más vulnerable al riesgo masticatorio.

Por otro lado, una flama que se aplique para derretir el adhesivo de un bracket, puede resultar insuficiente para quemar toda la resina remanente, además de que dejará un bracket color parduzco que tornará obligatorio pulir. Se conoce que el pulido ultrasónico, genera más pérdida de metal.

Oliver<sup>44</sup> asegura que las fuerzas oclusales de la masticación que llegan a desprender un bracket generan que, cuando éste **se desprende solo**, sufra cierta “*deformación*”, reduciendo las dimensiones verticales del bracket, produciendo distorsión de las alas y afectando la dimensión mesiodistal de la ranura del mismo. Lo mas relevante consiste en que dicha deformación puede modificar la curvatura de la base del bracket dando como resultado una inadecuada superficie de contacto -para la re-adhesión- con respecto a la geometría de la superficie del esmalte dentario<sup>18</sup>.

Autores<sup>27, 41, 81</sup> concluyen que brackets re-cementados tuvieron menor *Fuerza de adhesión* debido al adhesivo residual (figura 21) que se queda en la superficie del esmalte después de sufrir uno o varios desprendimientos. De la misma manera, Quick<sup>32</sup> encontró que las áreas retentivas mecánicas de la malla estaban obstruidas por adhesivo aún después de haber sido quemado el remanente y a pesar de haber sido rayadas las bases de los brackets, permaneció residuo de adhesivo carbonizado en el caso de brackets reciclados con la llama del encendedor.

Oliver<sup>88</sup> sugiere que si se han de reciclar brackets se elijan los de mejor y más sólido cuerpo metálico, de preferencia fabricados de una sola pieza. Esto significa elegir un bracket de buena calidad. En nuestro país costo y calidad, van de la mano. Es de esperarse que se reciclen brackets de excelente manufactura, no así los de bajo costo que pueden doblarse aún con los dedos desde que son retirados de su empaque original.



**Figura 21: Curvatura y base de bracket, adhesivo residual.**

En cuanto al tiempo empleado en el consultorio, puede ser más recomendable usar un bracket nuevo que re-acondicionar un bracket despegado solo. Es cuestión de calcular los tiempos empleados para uno y otro procedimiento. El tiempo consumido en re-cementar brackets reciclados donde la garantía de resistencia al desprendimiento y la utilidad clínica son primordiales, seguramente excederá al tiempo invertido y el gasto de materiales en lugar de haber elegido un bracket nuevo de una vez. Los brackets que se desprenden **solos** durante el tratamiento consumen mucho tiempo en el sillón dental, son un descrédito para el consultorio y un fastidio para el ortodoncista<sup>1</sup>.

Coley<sup>25</sup> sugiere que cuando se va a reciclar, el ortodoncista debe considerar que el re-uso sea seguro, determinar cuantas veces un bracket puede ser reciclado, si las propiedades de los componentes no se encuentran afectados y los aspectos éticos y financieros del reciclamiento. Deberá ser considerado también que el esmalte fue previamente grabado y pensar en cuantas veces mas estaremos dispuestos a atacarlo con ácido, para volverlo a acondicionar.

Cuando se remueven los residuos de adhesivo que se quedaron sobre el **esmalte** dentario utilizando una fresa, se incrementa el riesgo de inducir

iatrogenia sobre el mismo. ¿Cuántas veces estará el clínico dispuesto a grabar y re-grabar el mismo esmalte dentario, por las repetidas ocasiones que tiene que hacerlo para adherir el mismo bracket otra vez reciclado?

En adición a estos factores, ha sido recientemente expresada la inquietud acerca de la ética de usar aparatología fija reacondicionada sin informar al paciente<sup>5, 25, 88</sup>. El consentimiento informado de pacientes y familiares en el re-uso de brackets de ortodoncia constituye un factor de gran importancia. En una encuesta realizada a pacientes y parientes de pacientes menores de 18 años en el Departamento de ortodoncia de un hospital de enseñanza en Nueva Zelanda, todos los encuestados respondieron que se les debía notificar si estaban utilizándose en sus tratamientos brackets reciclados y que cualquier ahorro proveniente de su uso, se aplicara legalmente sobre el consumidor<sup>25</sup>

Si de reciclar se trata, además que el paciente y/o sus familiares otorguen su consentimiento, que todos lleven ventaja en el abatimiento de costos, que sea un bracket de buena calidad, y sobre todo que el bracket sea ***del mismo paciente***.

Las siguientes son algunas desventajas del reciclamiento:

- reducción en la calidad del bracket,
- riesgo de padecer más baja ***Fuerza de adhesión*** (adhesión *más susceptible* de padecer desprendimiento),
- cambio de color del bracket, pérdida de brillo.
- falta de esterilización y riesgo de incrementar infecciones cruzadas<sup>5</sup>
- posibilidad de problemas legales como resultado del re-uso de los mismos<sup>30</sup>, ya que los brackets están indicados por el fabricante para **uso de una sola vez**.

Cacciafesta<sup>47</sup> establece que el reciclamiento de brackets de ortodoncia puede ir en beneficio de la profesión, tanto ecológica como económica, siempre y cuando el ortodoncista sea consciente de los aspectos que encierra el reciclamiento, y que los pacientes estén informados del tipo de brackets que van a recibir en su tratamiento.

## X. PROPUESTAS

Dar continuidad a la línea de investigación sobre adhesión en brackets de ortodoncia.

Llevar a cabo más investigación sobre brackets reciclados, para comparar resultados de laboratorio con resultados clínicos.

En estudios futuros:

1. Correlación estadística entre **Fuerza de adhesión** y el Sistema ARI **modificado** para brackets.
2. Determinar la corrosión de brackets reciclados usados clínicamente.
3. Se requieren investigaciones futuras para determinar los efectos del reciclamiento en las propiedades metalúrgicas de los brackets, y las posibles consecuencias clínicas
4. Insistir en los problemas éticos y considerar el problema de la re-utilización de brackets de una paciente a otro diferente.
5. Visualización de la integridad del esmalte durante el grabado y al momento del desprendimiento con aparatos electrónicos sofisticados
6. Efectos en las repeticiones del grabado ácido en la misma superficie de esmalte dentario para re-cementado de brackets reciclados.
7. En la práctica clínica llevar a cabo seguimiento para conocer el porcentaje de falla (desprendimiento) en relación al número de brackets perdidos indeseablemente.
8. Implementación de ARI **modificado** para todos los casos de procedimientos odontológicos que incluyan adhesión (bandas de ortodoncia, restauraciones dentales, etc.)
9. Evaluación de “porcentajes de falla” (brackets desprendidos) durante el tratamiento de ortodoncia.
10. Aplicación de “análisis de sobre vivencia” de materiales en el ambiente bucal, estimado curvas de sobre vivencia.

## XI. CONCLUSIONES.

Bajo la metodología del protocolo aplicada y sobre las bases de los hallazgos de nuestro estudio, concluimos:

- La técnica de desprendimiento **por pinzas** influye en la *fuerza de adhesión* resultante.
- La fuerza de adhesión encontrada para brackets **nuevos** resultó de  $5.84 \pm 3.46$  MPa, por **pinzas**  $3.98 \pm 3.24$  Mpa y **solos**  $5.51 \pm 2.68$  MPa.
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la *Fuerza de adhesión* entre brackets metálicos nuevos (grupo control) y brackets reciclados ( $p = 0.145$ ).
- El porcentaje de reducción resultante para brackets que se desprendieron **solos** fue de 6%, mientras que para los que se desprendieron por **pinzas** fue de 32% respecto a los brackets nuevos, por lo que si de reciclar se trata es mejor reciclar un bracket que se desprendió **solo** que aquél que se desprendió con **pinzas**.
- Reciclar puede comprometer la *Fuerza de adhesión* de un bracket metálico de ortodoncia.
- De acuerdo a la aplicación de ARI modificado, en el 75% de los casos ( $n=45$ ) la mayor cantidad de adhesivo remanente quedó en el bracket dando cuenta de una falla de adhesión sobre el diente.
- La interfase de desprendimiento ocurrió en mayor medida en la interfase adhesivo/adhesivo (42%) y en la interfase adhesivo/esmalte (33%), Por lo general, en la mayoría de las ocasiones el adhesivo se quedó pegado en la base del bracket.
- Se definió el término *Fuerza de adhesión*, se implementó el porcentaje de reducción % y se propuso el uso del Sistema ARI modificado para estudios que impliquen adhesión y pruebas de desprendimiento.

### XIII. REFERENCIAS

- (1) Graber TM, Swain BF. ORTODONCIA. Principios Generales y Técnicas. Argentina: Ed. Panamericana; **1988**; cap. 8-9.
- (2) Angle EH. The latest and best in orthodontic mechanism. Dental Cosmos. **1928**; 70: 1143.
- (3) Matasa CG. Direct bonding metallic brackets: Where are they heading? Am J Orthod Dent Orthop. **1992**; 102(6): 552-560.
- (4) Phillips R. La ciencia de los materiales dentales de Skinner. 9th ed. México: Ed. Interamericana McGraw-Hill. **1983**; 22-23; 240-249.
- (5) Unkel T. Recycling orthodontic products (letter). J Clin Orthod. **1987**; 21: 871-872.
- (6) Graber TM. ORTODONCIA. Teoría y Práctica. México: Ed Interamericana, **1974**; cap. 11.
- (7) Zachrisson BU, Årtun J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. Am J Orthod. **1979**; 75: 121-137.
- (8) Regan D, Van Noort R. In vitro bond strength of two integral bracket-base combinations: a comparison with foil-mesh. Eur J Orthod. **1989**; 11: 144-153.
- (9) López FS, Palma CJ, Guerrero IJ, Ballesteros LM, Elorza PH. Fuerza de retención al esmalte con adhesivos usados en ortodoncia, utilizando dos tipos de base de brackets (estudio comparativo in vitro). Rev Odont Mex. **2004**; 8; 4: 122-126.
- (10) Regan D, Van Noort R, O'Keeffe C. The effects of recycling on the tensile bond strength of new and clinically used stainless steel orthodontic brackets: an in vitro study. **1990**; Brit J Orthod. 17 (2):137-145.
- (11) Wang WN, Li CH, Chou TH, Wang DD, Lin LH, Lin CT. Bond strength of various bracket base designs. Am J Orthod Dent Orthop. **2004**; 125:65-70.
- (12) Buzzita VAJ, Hallgren SE, Powers JM Bond strength of orthodontic direct-bonding cement-bracket systems as studied in vitro. Am J Orthod. **1982**; 81: 87-92 .
- (13) Jassemm HA, Retief DH, Jamison HC. Tensile and shear strength of bonded and re-bonded orthodontic attachments. Am J Orthod. **1981**; 79: 661-668.
- (14) Maijer R, Smith DC. Variables influencing the bond strength of metal orthodontic brackets bases. Am J Orthod. **1981**; 79: 20-34.
- (15) Thurrow RC. Versión autorizada en español de la obra publicada en inglés Edgewise orthodontics, 4ª Ed. CV Mosby, San Luis. Ortodoncia de arco de canto. México. **1988**, cap 15.
- (16) MacColl GA, Rossouw PE, Titley KC, Yamin CY. The relationship between bond strength and orthodontic bracket surface area with conventional and microetched foil-mesh base. Am J Ortho Dent Orthod. **1998**; 113: 276-81.
- (17) Siomoka LV, Powers JM. In vitro bond strength of treated direct-bonding metal bases. Am J Orthod **1985**; 88:133-136.
- (18) Buchman DJ. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. Am J Orthod. **1980**; 77: 654-668.
- (19) Hixon ME, Brantley WA, Pincsak JJ, Conover JP. Change in bracket slot tolerance following recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. Am J Orthod. **1982**; 81: 447-454.



- (20) Mascia VE, Chen S. Shearing strengths of recycled direct-bonding brackets. *Am J Orthod.* **1982**; 82:211-216.
- (21) Wheeler JJ, Ackerman RJ. Bond strength of thermally recycled metal brackets. *Am J Orthod.* **1983**; 83:181-186.
- (22) Postlethwaite K. Recycling Bands and Brackets. *Brit Soc.* **1992**; 19: 157-164.
- (23) Rubin RM. Comment on recycling brackets. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1993**; 104 (2): 21A-22A.
- (24) Machen DE. Litigation and Legislation Update: Orthodontic bracket recycling. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1993**; 104 (6): 618-619.
- (25) Coley S, Rock WP. Orthodontic products update. Bracket Recycling Who Does what? *Brit J Orthod.* **1997**; (24) 2: 172-174.
- (26) Oliver RG, Miles A, Greenslade M, Harkness M. Patient and parent opinion of the use of recycled orthodontic brackets: an internacional comparison *Brit JOrthod.* **1997**; 24 (4): 329-332.
- (27) Alfaro RI. Resistencia al desprendimiento de brackets metálicos reciclados usando una resina parabrackets y una fluída. **2006**. Tesina. Facultad de Odontología UNAM. México.
- (28) Wright WL, Powers JM. In vitro tensile bond strengths of reconditioned brackets, *Am J Orthod.* **1985**; 87; 247-252-
- (29) Buchwald A. A three-cycle in vivo evaluation of reconditioned direct bonding brackets. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1989**; 95: 352-354.
- (30) Di Pascale TJ. Reconditioning and reuse of orthodontics device. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1992**; 102: 187-189.
- (31) Basudan AM, Al-Enran SE. The effects of in office reconditioning on the morphology of slots and bases of stainless steel brackets and on the shear/peel bond strength. *J Orthod.* **2001**; 28; 3: 231-236.
- (32) Quick AN, Harris AM, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments *Eur J Orthod.* **2005**; 27; 231-236.
- (33) Regan D, LeMasney B, Van Noort R. The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* **1993**; 15: 125-135
- (34) Egan F, Alexander SA, Cartwright GA. Bond strengths of rebonded brackets. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1996**; 109: 64-70.
- (35) Mui B, Rossouw P, Kulkarni G. Optimization of a procedure for rebonding dislodged orthodontic brackets. *Rev Angle Orthod.* **1999**; 69; 3: 276-281.
- (36) Chung CH, Fadem BW, Levit HL, Mante FK. Effects of two adhesion boosters on the shear bond strength of new and rebounded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dent Orthop.* **2000**;118: 295-299.
- (37) Matasa CG. Pros and cons of the reuse of direct-bonding appliances. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1989**; 96: 72-76.
- (38) Salahuddien D, Omana G. Recycling debonded brackets with acid bath. *J Clin Orthod.* **2004**; 38; 11:605-606.
- (39) Maijer R, Smith DC. Biodegradation of the orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1986**; 90: 195-198.

- (40) Sonis A. Air abrasion of failed bonded metal brackets: a study of shear bond strength and surface characteristics as determined by scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1996**; 110: 96-98.
- (41) Grabouski JK, Staley RN. The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: an in vitro study. *Am J Orthod.* **1998**; 114: 452-460.
- (42) Davidson CL, Duysters PP, De Lange C, Bausch JR. Structural changes in composite surface material after dry polishing. *J Oral Rehabil.* **1981**; 8: 431-439.
- (43) Newman GV, Newman RA, Sun BI, Ha JL, Ozsoilu SA. Adhesion promoters, the effect on the bond strength of metal brackets. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1995**; 108: 237-241.
- (44) Oliver RG, Pal AD. Distortion of edgewise brackets associated with different methods of debonding. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1989**; 96: 65-71.
- (45) Maijer R, Smith DC. Corrosion of orthodontic bracket bases. *Am J Orthod.* **1982**; 81, 43-48.
- (46) Gwinnet AJ, Ceen RS. Plaque distribution on directly bonded ortodontic brackets, 56<sup>th</sup> General Session of the IADR, Washington DC. *Dent Res.* **1978**; 57: Special issue A, no. 995.
- (47) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Melsen B, Scribante A. A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod* **2004**; 26:4: 449-454.
- (48) Barceló SF, Palma CJ. *Materiales Dentales Conocimientos básicos aplicados*. México: 2<sup>a</sup>. Edición. Ed. Trillas. **2003**; 28; 30-31; 103-127.
- (49) International Organization for Standardization (ISO) with Technical Specification (ISO/TS) **11405**. Second edition. **2003-02-01** Reference number ISO/TS 11405:2003(E)
- (50) Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res.* **1955**; 34: 849-853.
- (51) Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments. Progress report. *Am J Orthod.* **1965**; 51: 901-912.
- (52) Newman GV. First direct bonding in orthodontia. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1992**; 101 (2): 190-194.
- (53) Zachrisson BU. A post treatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod.* **1977**; 71:173-189.
- (54) Bowen RL Compatibility of various materials with oral tissues. *J Dent Res.* **1979**; 58: 1493-1503.
- (55) Bishara S, Gordan V, VonWald L, Jakobsen J. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dent Orthop.* **1999**; 115: 24-8.
- (56) Ferguson JW, Read MJ, Watts DC. Bond strengths of an integral bracket-base combination: an in vitro study. *Eur J Orthod.* **1984**; 6: 267-276.
- (57) Smith DC, Cartz L. Crystalline interface formed by poliacrilic acid and tooth enamel. *J Dent Res.* **1973**; 52: 1155.
- (58) Maijer R, Smith DC. A new surface treatment for bonding. *J Biomed Mater Res.* **1979**; 13: 975-985.
- (59) Ártun J, Bergland S. Clinical Trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* **1984**; 85; 4: 333-40.

- (60) Millet DT, Duff S, Morrison L, Cummings A, Gilmour H. In vitro comparison of orthodontic band cements. *Am J Orthod Dent Orthop.* **2003**; 123: 15-29.
- (61) Millet DT, McCabe JF, Bennett TG, Carter NE, Gordon PH. The effect of sandblasting on the retention of first molar orthodontic bands cement with glass ionomer cement. *Br J Orthod.* **1995**; 22: 161-169.
- (62) Valletta R, Prisco D, Santis R, Ambrosio L, Martina R. Evaluation of the debonding strength of orthodontic brackets using three different bonding systems. *Eur J Orthod.* **2007**; 29: 571-577.
- (63) Flores AR, Sáez EG, Barceló SF. Metallic bracket to enamel bonding with a photopolymerizable resin-reinforced glass ionomer. *Am J Ortho Dent Orthop.* **1999**; 116: 514-517.
- (64) Faltermeier A, Behr M, Müssig D. A comparative evaluation of bracket bonding with 1, 2 y 3 component adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **2007**; 132:144.e1-144.e5
- (65) Bulut H, Türkün M. Evaluation of the shear bond strength of 3 curing bracket bonding systems combined with an antibacterial adhesive. *Am J Orthod Dento Orthop.* **2007**; 132:77-83
- (66) Staudt CB, Krejci I, Mavropoulos A. Bracket bond strength dependence on light power density. *J of Dentistry.* **2006**; 34: 498-502. Available from: URL: <http://www.sciencedirect.com>
- (67) Hajrassie MKA, Khierer SE. In-vivo and in-vitro comparison of bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times. *Am J Orthod Dent Orthop* **2007**; 131:384-390.
- (68) Muñoz VC. Relación entre la Investigación básica y clínica en Biomateriales Dentales. Facultad de Odontología UNAM. México. Enero. **2007**; Comunicación directa.
- (69) Andrews LF. The straight wire appliance. *Am J Orthod.* **1976**; 10: 99, 507.
- (70) McClea CPJ, Wallbridge DJ. Comparison of tensile and shear bond strength of new and recycled brackets. *New Zeland Dent J.* **1986**; 82: 11-14.
- (71) Ávalos I, Katagiri M, Guerrero J. Estudio comparativo de la fuerza de adhesión de brackets policristalinos de adhesión química y monocristalinos de adhesión mecánica. *Rev Odonto Mex.* **2004**; 8 (1-2): 7-9.
- (72) Mendoza NV, Sánchez RM- Análisis y difusión de resultados científicos. México: Facultad de Estudios Superiores, UNAM; **2001**; p.9, 16.
- DISEÑO ESTADÍSTICO.
- (73) Fleiss JL. The K coefficient. En: Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions.* New York: Wiley; **1973**. p.143-147
- (74) Cardiel RM. El clínico y la significancia estadística. En: Moreno AL, Cano VF, García RH: *Epidemiología clínica 2a. Ed.* Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana; **1994**. p. 247-252
- (75) Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critique of bond strength testing in orthodontics. *Brit J Orthod.* **1994**; 21: 33-43.
- (76) Nordenvall KJ. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth a comparison between 15 and 60 seconds of etching. *Am J Orthod.* **1980**; 78: 99-108.
- (77) Surmont P, Dermaut L, Martens L, Moors M. Comparison in shear bond strength of orthodontic brackets between five bonding systems related to different etching times: an in vitro study. *Am J Orthod.* **1992**; 101: 414-419.

- (78) Silverstone LM. The acid etches technique: In vitro studies with special reference to the enamel surface and the enamel-resin interface. In Silverstone LM Dogan L (editors): Proceedings of an international symposium on the acid technique St. Paul. **1975**; North Central Publishing Company. Pp. 13-39.
- (79) Uysal T, Sari Z, Demir A. Are the followable composites suitable for orthodontic bracket bonding? *Rev Angle Orthod*- **2004**; 74(5): 697-702.
- (80) Bishara S, Gordan V, VonWald L, Olson M. Effect of an acid primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dent Orthop* . **1998**; 114: 243-247.
- (81) Bisharra SE, Laffon JV, Vonwald L, Warren JJ. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dent Orthop*. **2002**; 121; 5: 521-525.
- (82) Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod*. **1978**; 74: 62-78.
- (83) Brobakken BO, Zachrisson BU. Abrasive wears of bonding adhesives: studies during treatment and after bracket removal. *Am J Orthod*. **1981**; 79: 134-147.
- (84) Evans LB, Powers JM. Factors affecting in vitro bond strength of no-mix orthodontic cements. *Am J Orthod*. **1985**; 87: 508-512.
- (85) Khowassah MA, Bishara SE, Francis TC, Henderson W. Effect of temperature and humidity on the adhesive strength of orthodontic direct bonding materials. *J Dent Res*. **1985**; 54: 146-151.
- (86) Tavares SW, Consani S, Flávio ND, Borges AM, Arandha NPR, Moura ML. Shear bond strength of new and recycled brackets to enamel. *Braz Dent J*. **2006**; 17:1.
- (87) Lewy M. President Orthotronics Inc. Comment on recycling brackets. Letters to the editor. *Am J Orthod Dent Orthop*. **1993**; 104 (2): 21A-22A.
- (88) Oliver RG, Miles A, Greenslade M, Harkness M. Patient and parent opinion of the use of recycled orthodontic brackets: an internacional comparison *Brit JOrthod*. **1997**; 24 (4): 329-332.

*The Heritage Illustrated Dictionary of the English Language. International ed. New York (NY): (73) Smith*

Crerios de Vancouver vigentes a septiembre del 2007

Available from: <http://www.cyberpediatria.com/Vacouver202004pdf>

#### ANEXOS.

- (89) Bergeron C, Vargas M, Gelinas P, Van Meerbeek B. Bond strength of self-etching adhesives to enamel. *J Dent Res*. **2000**; 79, 442-446.
- (90) DeWald PJ. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: A review of infection control considerations. *Dental Mater*. **1997**; 13: 74-81.
- (91) Méndez RI. El Protocolo de Investigación. 2ª edición, México. Ed. Trillas, **1993**, cap 1 y apéñices.

## XIII. ANEXOS

### Auto grabado

Consiste en sistemas de adhesión que contienen primer, adhesivo y el ácido grabador. Se espera que su uso disminuya considerablemente los tiempos de cementado de brackets de ortodoncia.

Otros autores además de Bishara<sup>55</sup> han investigado la efectividad del uso de autograbadores (Bergeron<sup>89</sup>) y han reportado que los adhesivos con autograbado ofrecen, como ventaja principal, reducción del tiempo requerido para llevar a acabo el procedimiento. La fijación de bracket a esmalte acondicionado con ataque ácido previo comparado con ataque ácido simultaneo a la aplicación del *primer* dan como resultado fuerzas de retención similares y las diferencias encontradas obedecen seguramente a variables de manipulación más que a la calidad del procedimiento empleado (métodos de grabado en si) lo cual es concluido de la misma manera en el estudio de López & Palma<sup>9</sup>.

Las pruebas de resistencia al desalojo, han demostrado que la unión lograda con el sistema de **un solo paso** (en un mismo frasco ácido grabador y resina *primer* de adhesión), puede ser de menor o similar fuerza que los mostrados con los sistemas multipasos.

### Diferentes técnicas de desprendimiento de brackets.

Existe un tipo de herramienta para despegado de brackets que actúa aplicando la fuerza de desprendimiento de diferente manera. Consiste en un instrumento (pinza utilitaria Weingart o bien el debracketing instrument # 444-761 de 3M Unitek) que simplemente coloca alambre al derredor de las alas del bracket, posiciona la pinza para montarse en el bracket, levemente aprieta hasta que ambas superficies descansan suavemente sobre la superficie del diente y entonces presiona apenas un poco más fuerte hasta que el bracket se desprende. Estas pinzas ejercen una fuerza de desprendimiento en sentido mesio-distal involucrando en ello la integridad de las alas del bracket. La acción física de desalojo es "*hacia fuera*". El efecto que se consigue es de *arrancamiento*.

### PROCEDIMIENTOS DE RECICLAJE DE BRACKETS METÁLICOS.

Quick<sup>32</sup>, propone un método de re-acondicionamiento para tratar brackets desprendidos que considera rápido, puede ser llevado a cabo en el consultorio dental y evita las tardanzas asociadas con el reciclamiento comercial.

Su proceso, dice el autor, ofrece *fuerzas de adhesión clínicamente aceptables* con cambios mínimos en las propiedades físicas de los brackets.

Su técnica se basa en quemar la base del bracket para derretir la resina residual e incluye un baño ultrasónico. El autor parte de la hipótesis de que, removiendo los restos de adhesivo con un baño ultrasónico, elimina la necesidad de arenado, el cual puede erosionar demasiado el delicado y suave metal de las frágiles áreas de la malla, lo cual preserva el área del enrejado para el re-cementado ulterior.

De acuerdo al propósito de su estudio, dividió los procesos de reciclamiento para experimentación en 6 grupos:

**Grupo A.** los brackets fueron **quemados** por 10 segundos hasta que la base del bracket alcanzó un color rojo fuego, entonces se templaron en agua, se **limpiaron ultrasónicamente** por 5 minutos y fueron electropulidos por 10 segundos más .

**Grupo B.** a los brackets se les retiró el adhesivo remanente utilizando una **pedra verde** con pieza de mano de baja velocidad.

**Grupo C.** los brackets fueron **quemados** por 10 segundos hasta que la base alcanzó un color rojo fuego, entonces se templaron en agua, se limpiaron ultrasónicamente por 5 minutos, se electropulieron por 10 segundos y se trataron con **silano** antes de la re-cementación.

**Grupo D.** los brackets fueron **quemados** por 10 segundos hasta que la base alcanzó un color rojo fuego, entonces se templaron en agua, se **arenaron** por 10 segundos utilizando gránulos de 50 µm de óxido de aluminio a una presión de 4.5 bar y se **electropulieron** por 10 segundos más.

**Grupo E.** los brackets fueron **quemados** por 10 segundos hasta que la base alcanzó un color rojo fuego, entonces se templaron en agua y se **electropulieron** por 10 segundos.

**Grupo F.** los brackets fueron **arenados** por 15 segundos utilizando gránulos de 50 µm de óxido de aluminio a una presión de 4.5 bar para remover todo el adhesivo de la malla.

Los resultados en la fuerza de adhesión obtenida en los resultados del autor, son los siguientes:

- La más baja fue para los brackets que solamente fueron quemados (2.71 MPa) los cuales difirieron significativamente de los brackets nuevos.
- Los brackets que solamente fueron rayados con una piedra verde obtuvieron 4.61 MPa.
- Semejante fuerza de adhesión resultó para brackets quemados y limpiados ultrasónicamente (4.24 MPa)-
- Los quemados, limpiados ultrasónicamente y tratados con silano tuvieron 4.72 MPa.
- Los únicos brackets que no tuvieron diferencias significativas con respecto al control (brackets nuevos 7.78 MPa) fueron aquellos que habían sido quemados y arenados (7.37 MPa) y aquellos que fueron solamente arenados (7.28 MPa).

Concluye el autor que **arenar solamente sin quemar**, fue de interés por el periodo de tiempo que se requirió para remover todo el adhesivo residual y que duró entre 15 a 30 segundos. Consideró que era un tiempo relativamente largo durante el cual parte de la valiosa área del entretejido de la malla había sido demasiado erosionada como para comprometer la fuerza de adhesión resultante.

Determinó la efectividad en la remoción de la resina de brackets metálicos con el uso del arenador sin provocar cambios significativos en la malla. El procedimiento de arenado se lleva a cabo por un periodo de 15 segundos utilizando gránulos de 50 µm de óxido de aluminio con una presión de aproximadamente 4.5 bar. El autor confirma en su estudio que el arenado es el procedimiento de reciclaje de brackets desprendidos más simple y eficiente cuando se trata de reciclar de manera inmediata en el consultorio dental.

**Sonis**<sup>40</sup> Para re-acondicionar brackets despegados el aditamento es mantenido a una distancia de 5 mm de la punta de un microetcher y entonces es arenado con óxido de aluminio de 90 µm y 90 psi hasta que todo el adhesivo visible es removido de la base del bracket. Esto usualmente toma de 15 a 30 segundos. Tavares<sup>86</sup> establece de la misma manera que reciclar brackets con 90 µm de partículas de óxido de aluminio por abrasión de aire fue eficiente y técnicamente simple, y puede favorecer la reducción de costos para el clínico y el paciente.

Una desventaja en el uso del microetcher consiste en que la presión de aire puede desalojar el bracket de los fórceps que lo retienen durante el proceso ocasionando demoras no deseadas. Otro problema de gran importancia se refiere a que el proceso de arenado no es completamente efectivo en la remoción de manchas causadas por el quemado. Además la cantidad de socavados e incremento en la corrosión producida por el arenado es un asunto que requiere de mayor investigación.

### **ESPECIFICACIÓN ISO 11405.**

Los alcances (**scope**) de la ISO 11405, se refiere a pruebas de adhesión de materiales dentales restaurativos (**Filling and restorative materials**), especialmente para pruebas en dentina.

El (**ISO/TS**) 11405<sup>49</sup> representa un acuerdo entre miembros de un comité técnico con el objeto de normar las pruebas y estándares para el control de calidad y sobre todo el establecimiento de derechos de patentes. Como lo menciona el documento, aun no se cuenta con pruebas de laboratorio ó clínicas específicas que puedan ser válidas para todas y cada una de las diferentes aplicaciones clínicas de los diversos materiales adhesivos.

### **Almacenamiento de dientes para la prueba**

Recomienda el estándar que, para poder ser utilizados, los premolares o molares humanos permanentes o bien incisivos mandibulares de animales bovinos no tengan más de 5 años de edad. Respeto al tiempo después de la extracción, establecen que existe gran evidencia de la existencia de cambios en la dentina (especialmente en la proteína dentinaria) que ocurre después de la extracción dentaria y que puede definitivamente influir en los resultados de las pruebas sobre fuerza adhesión<sup>49</sup>. Establecen por ello que el ideal es que las mediciones puedan ser implementadas inmediatamente después de la extracción, lo cual comentan, es generalmente imposible. Recomiendan entonces utilizar los dientes entre uno y máximo seis meses después de la extracción dentaria.

Autores que establecen también criterios sobre dientes humanos extraídos y almacenado son Fox<sup>75</sup> y DeWald<sup>90</sup>

ISO recomienda que inmediatamente después de la extracción, los dientes deberán ser totalmente lavados con agua de la llave, y en el caso de dientes humanos, deberá ser removida toda la sangre y el tejido adherente, preferentemente por el clínico que realizó la extracción.

Los dientes deberán ser colocados en agua bidestilada (grado 3, ISO 3696) ó en una solución bacteriostática/bactericida de cloramine-T trihidratada al 0.5% por un máximo de una semana, y después almacenar los dientes en agua bidestilada ya sea en el refrigerador (4°C) o en un congelador por debajo de los -5°C. Para minimizar el deterioro, el medio de almacenamiento deberá ser reemplazado periódicamente. Es esencial la **no utilización de otros agentes químicos**, ya que pueden ser absorbidos por el sustrato del diente, y en consecuencia alterar los resultados.

Para estudios que tienen que ver con el almacenamiento de dientes Fox (78) y DeWald (79) ofrecen consideraciones que pueden ser consultadas.

ISO por el tiempo que durara recolectarlos (uno a seis meses) los que fueron mantenidos en agua destilada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### **LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR**

Es posible asegurar que la variabilidad en la **desviación estándar** de las medias de nuestros resultados tenga que ver con factores específicos del método tal como se refiere al control absoluto de las variables empleadas y tiene mucho que ver con las características propias del esmalte dentario, tales como edad del donante, historia cultural y dietética, estado de salud general, pero sobre todo con la composición (porosidad) y estructura de los dientes, así como la respectiva curvatura de la superficie del esmalte dentario.

Los valores obtenidos a través de las pruebas de fuerza de adhesión generalmente muestran largos coeficientes de variación porque como se dijo arriba no se pueden controlar muchas variables. Estudios han llegado a reportar hasta un 60% del coeficiente de variación

El estándar recomienda que si la variación coeficiente resulta por encima del 50%, se deberá hacer una exhaustiva revisión del procedimiento completo y deberán ser probados estadísticamente por un método apropiado<sup>49, 62, 67, 75</sup>

Como es muy frecuente que los resultados de adhesión no presenten una distribución normal, podría ser utilizada la prueba estadística de la distribución de Weibull<sup>49, 60</sup>.

### **CARACTERÍSTICAS DEI ESTUDIO y escala de medición.** <sup>72, 91</sup>

El tipo de investigación se elige en función de los objetivos que se pretenden estudiar

Los criterios (4) se definen básicamente en cuatro aspectos:

1. con base en el periodo en que se capta la información
2. la evolución del fenómeno estudiado
3. la comparación de poblaciones
4. la interferencia del investigador en el estudio

### PERIODO

- a) Retrospectivo
- b) Prospectivo, ya que toda la información se recogerá después de la planeación de la investigación, de acuerdo a los criterios y fines específicos de la investigación

### EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO

- a) Longitudinal en varias ocasiones
- b) Transversal, en el cual se mide una sola vez a las variables, sin pretender evaluar la evolución de estas unidades

### COMPARACIÓN

Descriptivo. Se cuenta con una sola población la cual se describirá en función de un grupo de variables. Tal vez se busque una serie de asociaciones entre variables.

Comparativo. Existen dos más poblaciones y donde se quieren comparar las variables para contrastar las hipótesis. Pueden ser:

Causa-efecto

Efecto-causa

### INTERFERENCIA DEL INVESTIGADOR

Observacional, solo mide o describe el fenómeno

Experimental, el investigador modifica una o varias variables del fenómeno estudiado.

### CARACTERÍSTICAS

Corresponde a un estudio de tipo Transversal, Prospectivo, Comparativo, Experimental

Sin embargo y de acuerdo al "*matiz de clasificación*"<sup>91</sup>, nuestro estudio no puede considerarse como un "experimento" ya que no es longitudinal.

FENÓMENO ESTUDIADO: efecto del reciclamiento

VARIABLES: fuerza de adhesión, que depende de

forma de desprendimiento del bracket (**solo o pinzas**)

De acuerdo al tipo de estudio realizado, los objetivos y la **ESCALA DE MEDICIÓN** de las variables involucradas, es que se aplican las diversas pruebas (técnicas) estadísticas.

No se pueden confundir los términos "unidades de medición" que en nuestra investigación se refiere a Megapascales, con "escala de medición" (término en estadística)

### ESCALAS DE MEDICIÓN:

Existen fundamentalmente cuatro tipos:

1.- Nominal. En esta escala solo puede decirse a que clase pertenece cada unidad de estudio (pe. Clase I, Clase II y Clase III en un estudio sobre Prevalencia de maloclusiones). Por lo general se refiere a sexo, estado civil, etc., y permite conocer cual categoría es más o menos frecuente.

2.- Ordinal. Donde las categorías guardan un orden. Son símbolos ordenados (que puede ser incluso un número de identificación), pero no se pueden hacer operaciones aritméticas con ellos, como es el caso de la severidad de una enfermedad: grado I, grado II y grado III.

3.- Intervalo. Además que las unidades de medición se pueden agrupar en intervalos, se permite hacer operaciones matemáticas entre ellos, por ejemplo la temperatura, el cociente intelectual.

**4- DE RELACIÓN.** Se permiten las operaciones aritméticas con los números que identifican las categorías; por ejemplo, peso, esfuerzo (**Megapascales**), ingreso, etc.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS EMPLEADOS EN LA LITERATURA.

**SHEAR.-** Significa “trasquilar, cortar con tijera o a manera de tijeretazo”. *En Física:* se refiere a deformarse por fuerzas tendientes a producir una fuerza de estirar demasiado, esfuerzo excesivo para ejercer acción de **corte** (shearing). Aplicación de una fuerza o sistema de fuerzas que tienden a producir una fuerza de corte también llamado “estrés de corte”.

**BOND STRENGTH.- fuerza de adhesión.** Así lo define Hablaos & Katagiri (73)

**SHEAR BOND STRENGHT.- Fuerza de adhesión** en corte ó cizalla. Nuestro estudio.

Cortar, cizallar, esquilar, desgarrar

Desgarro como cuando se rasga (corta) el papel de arriba abajo.

La fuerza aplicada es en sentido opuesto ← →

**TENSILE BOND STRENGHT.-** Rasgar, “jalar hacia fuera”

**SHEAR PEEL BOND STRENGTH.-** La fuerza que se aplica es con la intención de “despegar”. Corresponde al tipo de desprendimiento que se efectúa al abrir un sobre de celofán transparente.

**BRACKET FAILURE** se traduce como “falla” (desprendimiento).

**LOAD.-** carga

**DEVICE.-** Artificio, modelo, aparato.

“An in-vivo debonding device was validated and used to measure bond strengths in the oral environment”.

**UNITS OF FORCE (NEWTONS)-** Newtons, unidades de fuerza

**STRESS UNITS.-** unidades de esfuerzo (como los Megapascuales)

**FORCE PER UNIT AREA.** Fuerza por unidad de área

**Bond strength.-** resistencia a la adhesión (**n. de la A.** “Fuerza de adhesión)

**Stress.-** esfuerzo F/A (MPa)

**Force.-** Fuerza F (Newtons)

**Strength.-** resistencia