



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**“ANÁLISIS DE LA ADHESIÓN A ESMALTE DE BRACKETS  
METÁLICOS CEMENTADOS CON RESINA DE  
FOTOCURADO, UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE  
ACONDICIONAMIENTO E IMPRIMACIÓN”**

TESISTA:

**OD. MARÍA JOSÉ SPACCESI.**

DIRECTOR:

**PROF. DRA. ELBA GLADIS PRIOTTO**

**CÓRDOBA, 2017**



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



ANÁLISIS DE LA ADHESIÓN A ESMALTE DE BRACKETS METÁLICOS  
CEMENTADOS CON RESINA DE FOTOCURADO, UTILIZANDO  
DIFERENTES TÉCNICAS  
DE ACONDICIONAMIENTO E IMPRIMACIÓN

TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
DOCTOR EN ODONTOLOGÍA

Doctorando  
Od. MARÍA JOSÉ SPACCESI

Directora  
Prof. Dra. ELBA GLADIS PRIOTTO

Año 2017

*COMISIÓN DE TESIS*

**Prof. Dra. Adriana Arriaga**  
**Prof. Dra. Teresa Varela de Villalba**  
**Prof. Dr. Luis Fabietti**

*JURADO*

**Prof. Dr. Pablo Abate**  
**Prof. Dra. Teresa Varela de Villalba**  
**Prof. Dr. Luis Fabietti**

## *DEDICATORIA*

**“LO IMPOSIBLE... SOLO TARDA UN POCO MAS”** (Anónimo)

Guillermina Ferreyra

A **Sergio**, mi esposo, quien me acompañó y animó para terminar este trabajo.

A **Guillermina**, mi hija, comencé este sueño embarazada de vos y hoy lo termino a tu lado y con tu incondicional apoyo.

A **Santiago**, mi hijo, quien me entrega su ternura y amor todos los días.

A mis padres **Lita y Alberto** quienes me enseñaron a amar esta profesión.

A mis sobrinos y ahijados: **Barbara, Ignacio, Agustín, Martina y Francesca**, porque los llevo siempre en mi corazón.

## *AGRADECIMIENTOS*

- . A **Dra. Elba Priotto**, directora de tesis, por guiarme con dedicación y paciencia siendo un pilar fundamental de este proyecto.
- . A la comisión de tesis, **Dres. Adriana Arriaga, Teresa Varela de Villalba, Luis Fabiatti y Pablo Abate** por sus valorados aportes.
- . A las autoridades de la **Facultad de Odontología de Córdoba**, en especial a la Escuela de Graduados.
- . A director y personal del **Departamento de Materiais Dentarios, Faculdade de Odontologia da Universidade de Sao Paulo, Brasil**; quienes desinteresadamente pusieron a mi disposición todo el equipamiento necesario para las pruebas de laboratorio de este trabajo.
- . Al personal de Microscopía del laboratorio **LAMARX, FaMAF UNC**.
- . A **Dr. Alberto Spaccesi** por ayudarme, aconsejarme y estar a mi lado.
- . A **Dr. Agustín Villa** por sus aportes académicos, pero sobre todo por ser mi sostén y amigo.
- . A **Dr. Eugenio Garcia** por enseñarme y acompañarme largas horas en el laboratorio, tu colaboración y ayuda fue indispensable para realizar este trabajo.
- . A **Dra. Gabriela Mafini y Lic. Fabiana Cáceres** por dedicarme muchas horas de trabajo y años de amistad.
- . A **colegas y amigos** que de una u otra manera fueron claves para concretar este desafío.

## ÍNDICE

ABREVIATURAS .....	6
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO .....	9
OBJETIVOS .....	16
APORTE CIENTÍFICO .....	17
MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
MATERIALES.....	18
BRACKETS .....	18
ELEMENTOS DENTARIOS .....	19
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	20
PRUEBAS DE LABORATORIO.....	27
RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE .....	27
ÍNDICE DE ADHESIVO REMANENTE: ARI .....	29
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB) .....	30
RESULTADOS .....	33
VALORES DE ADHESIÓN: RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE.....	33
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE.....	34
VALORES DE ADHESIÓN: ÍNDICE DE ADHESIVO REMANENTE ARI .....	34
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. ÍNDICE DE ADHESIVO REMANENTE: ARI.....	35
OBSERVACIÓN CON MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB) .....	36
DISCUSIÓN .....	50
CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXO .....	68

## *ABREVIATURAS*

- ARI: (sigla en inglés, Adhesive Remnant Index) índice de adhesivo remanente
- BIS-GMA: bisfenol-glicidil-metacrilato
- CAD: conexión amelodentinaria
- EAP: esmalte aprismático
- EP: esmalte prismático
- LAC: límite amelo-cementario
- MEB: microscopio electrónico de barrido
- MPa: megapascal
- N: Newton
- PMS: premolar superior
- PP: polipropileno
- s: segundo
- SEM: scanning electron microscopy
- SEP: Self Etching Primer



## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar las características estructurales del esmalte en la zona de unión al brackets; de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets y la adhesión de brackets metálicos, utilizando tres protocolos de acondicionamiento. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 75 premolares superiores humanos, extraídos por razones ortodónticas, divididos aleatoriamente: **Grupo A**(n=9) sin acondicionamiento y **Grupo B**(n=66) se cementaron brackets metálicos con resina compuesta de fotocurado Transbond™XT y un dispositivo, de diseño propio, permitió estandarizar la posición y presión durante el cementado. Obteniendo: 3 subgrupos: **B.1**(n=22): ácido ortofosfórico (37%) 15s + primer MIP Transbond™; **B.2**(n=22): ácido ortofosfórico (37%) 30s + primer MIP Transbond™ y **B.3**(n=22): imprimador autograbante SEP Transbond™. Valores de adhesión se determinaron con test de resistencia adhesiva al corte sentido ocluso-apical, máquina Kratos,SV100 (USPI, Brazil), los resultados expresados en MPa. Se determinó índice de adhesivo remanente (ARI modificado) en esmalte con Lupa 30X en rangos entre 5-1. Se observaron con MEB los grupos: A, B.1, B.2 y B.3 (n=9 cada uno) en tres direcciones de corte: longitudinal (vestíbulo-palatino), transversal y diagonal utilizando Microscopio *FE-SEM Sigma* (LAMARX FaMAF, UNC). **Resultados:** Resistencia adhesiva: valores de medias y desviaciones en MPa: B.1: 18,51 ± (4,07); B.2: 18,26 ± (4,88) y B.3: 18,71 ± (4,55). Prueba de Kruskal Wallis ( $p \leq 0,05$ ): no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio. ARI: Prueba Kruskal Wallis ( $p \leq 0,05$ ): no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio, observando mayoría de criterios 4 y 5. Estudio descriptivo MEB: Grupo A: las características estructurales del esmalte dependen del plano de corte, observando la presencia de esmalte aprismático con distintos espesores en las tres direcciones. En los subgrupos: B.1, B.2 y B.3 se observó la capa de unión continua y de espesor uniforme en la unión esmalte – adhesivo - medio cementante – brackets, sin hiatos de desadaptación. En el Grupo B.3 la capa de adhesivo mostró menor espesor y escasos tags de penetración a esmalte. **Conclusiones:** Con tres protocolos de acondicionamiento e imprimación se obtuvieron valores medio por encima de la cifra suficiente para la adhesión de brackets y estadísticamente no significativos entre sí. El estudio con MEB mostró en las tres direcciones observadas uniformidad en la capa de unión siendo menor el espesor con el adhesivo autograbante. Estos resultados permitirían inferir que el uso de imprimador autograbable disminuiría los pasos operatorios, con un menor grado de descalcificación del esmalte y acortaría el tiempo clínico.

## ABSTRACT

The goal of this study was to determine the structural characteristics of enamel in the area of attachment to the brackets; the enamel-adhesive-binding agent-brackets bonding layer and the adhesion of metal brackets, using three conditioning protocols.

**Materials and Methods:** 75 human superior premolars were used, extracted for orthodontic reasons, randomly divided: **Group A**(n=9) untreated and **Group B**(n=66) metal brackets bonded with Transbond™XT light-cured composite resin, and a device of own design, was used to standardize the position and pressure during the cementation process. Obtaining: 3 subgroup: **B.1**(n=22): orthophosphoric acid (37%) during 15 s + first MIP Transbond™, **B.2**(n=22): orthophosphoric acid (37%) during 30 s + first MIP Transbond™ and **B.3**(n=22): SEP Transbond™. The adhesion values were determined applying the test of shear bond strength, with Kratos machine, SV100 (USPI, Brazil) applying a occlusal-apical force and the results were expressed in MPa. The remaining adhesive index was determined (ARI modified) in the enamel with magnifying glass 30X assembled to a camera with a range between 5-1. Using SEM the groups: A, B.1, B.2 y B.3 were observed (n=9 each one) in three directions of shearing: longitudinal (vestibular-palatal), transverse and diagonal using Microscope *FE-SEM Sigma* (LAMARX FaMAF, UNC). **Results:** Adhesive resistance: values of the averages and the deviations in MPa: B.1: 18,51 ± (4,07); B.2: 18,26 ± (4,88) and B.3: 18,71 ± (4,55). Kruskal Wallis Test ( $p \leq 0,05$ ): statistically significant differences between the three study groups were not found. ARI: Kruskal Wallis Test ( $p \leq 0,05$ ): statistically significant differences between the three study groups were not found, observing much of criteria 4 y 5. Descriptive study SEM: Group A: the structural characteristics of enamel depend on the shearing plane, observing the presence of aprismatic enamel with different thicknesses in the three directions. It was observed in the subgroups: B.1, B.2 y B.3 a continuous bonding layer with uniform thickness in the enamel-adhesive-binding agent-brackets bond, without hiatus of inadaptation. In the subgroup B.3 the adhesive layer showed lesser thickness, few penetration tags to the enamel. **Conclusions:** Average values were obtained above the figure enough for the brackets adhesion, with the three protocols of conditioning and priming; they are statistically insignificant one another. The study with SEM showed in the three directions observed, uniformity in the bonding layer being minor the thickness with self-etching adhesive. These results infer that self-etching primer use would decrease operative steps, with a lower degree of decalcification of enamel, and thus shorten the clinical time.

## *INTRODUCCIÓN*

Desde la antigüedad la estética ha sido un aspecto de interés para el hombre, sobre todo su imagen ante los demás. La búsqueda de la belleza se remonta a las primeras civilizaciones y si bien, tiene una gran carga de subjetividad, ocupa un lugar preponderante en la sociedad actual. Estas consideraciones sobre estética facial han sido conceptos inseparables de los principios y prácticas de la ortodoncia que además de lograr armonía en la posición de los dientes contribuye a preservar la salud periodontal, el equilibrio oclusal y la estabilidad articular.

La precisión para ubicar las piezas dentarias, especialmente en las técnicas de arco recto que otorgan la posibilidad de control tridimensional durante el tratamiento ortodóntico, depende en gran medida de la exactitud con que son adheridos los dispositivos al esmalte dental.

El interés de este trabajo esta centrado en analizar la adhesión a esmalte de brackets metálicos cementados con resina de fotocurado, utilizando diferentes técnicas de acondicionamiento e imprimación.

## *MARCO TEÓRICO*

Existe evidencia de dientes desalineados en cráneos de Neanderthales (50000 años A.C.), pero no fue, sino hasta hace 3000 años A.C., que apareció el primer testimonio escrito sobre la corrección de dientes apiñados y protruidos. La arqueología, ha descubierto momias egipcias con bandas metálicas alrededor de cada diente y se especula que los intestinos de algunos animales se empleaban para moverlos. (Vellini Ferreira, 2004)

El reconocimiento de las malposiciones dentarias como dolencia se deben al griego Hipócrates (460-377 A.C.) que las incluyó en su sexto libro de las epidemias. Ya en el siglo XVIII, Pierre Fauchard en su obra “El Cirujano Dentista” dedicó un capítulo completo a explicar diferentes mecanismos para alinear los dientes. (Baca y Bascones, 1998)

En 1912, Angle presentó el aparato de pin y tubo que consiste en la colocación de bandas cementadas en todos o casi todos los dientes; con este tipo de aparato se controla de forma individual cada uno de los dientes. Posteriormente en 1925 desarrolló el aparato de arco de canto, en el cual el brackets presenta una apertura frontal en la ranura y se utilizan arcos rectangulares que se apoyan en el diente por su lado más estrecho, es decir, de canto. De esta forma es posible controlar los movimientos dentales en las tres dimensiones con el mismo arco. (Ricketts, 1994)

El Arco de Canto de Angle sufrió infinidad de modificaciones, siendo este diseño la piedra angular de la ortodoncia moderna, y el punto de partida de la mayoría de los diseños que se utilizan en estos días. (Cruz Estupiñan, 2014)

En la segunda mitad del siglo XX se introdujo el concepto de sistemas de adhesión, el procedimiento fue propuesto en 1955 por Buonocore, quien en su trabajo "Un método simple de incrementar la adhesión de materiales restauradores acrílicos a la superficie del esmalte" introduce el concepto de atacar o grabar la superficie dentaria con el fin de obtener un sustrato más retentivo.

Newman en 1965 ideó un sistema para cementar brackets ortodónticos directamente al esmalte dentario. Estos adelantos determinaron que desde hace más de tres décadas la ortodoncia ha experimentado la posibilidad de poder adherir o cementar los aditamentos necesarios para obtener los movimientos deseados en las piezas dentales, dando un gran paso, ya que se usaba el bandeado de los dientes para sostener brackets, tubos, etc. (Reynolds, 1975; Ricketts, 1994; McLaughlin y Bennett, 1995)

Con los sorprendentes resultados de la adhesión al esmalte en sus primeros años, se motivó a explorar nuevas técnicas de aplicación clínica en todas las áreas de la odontología, resultando que en todas ellas sobrepasó las expectativas esperadas. (Espinosa y col., 2014)

La adhesión es el resultado de un conjunto de interacciones que contribuyen a unir dos superficies, en ortodoncia: el esmalte dental por un lado y la base del bracket por otro. La palabra adhesión proviene del latín ad y haerere, formada por: ad (para) y haerere (pegarse). Adhesión se define como el estado por el que dos superficies se mantienen juntas mediante fuerzas o energías entre los átomos o moléculas basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos con la mediación de un adhesivo (Lobato Carreño 2013, )

Los dos tipos de adhesión que pueden producirse en ortodoncia son:

- Adhesión mecánica: se realiza por la penetración del material decementado en las rugosidades de la superficie.
- Adhesión química: corresponde a la unión íntima, a escala molecular entre la base y el adhesivo. Se puede llevar a cabo en forma de uniones iónicas o covalentes.

En ortodoncia la sujeción de los aditamentos es temporal, por lo cual, la adhesión debe ser un proceso reversible que no deje daños permanentes en la superficie del esmalte una vez retirados al concluir el tratamiento. (Canut Brusola, 2005; Albaladejo, 2006; Lobato Carreño y Albaladejo, 2010)

Si bien la práctica de la ortodoncia requiere una adhesión limitada en tiempo, es indispensable poner énfasis en los factores que intervienen para lograr máxima

eficacia y obtener los mejores resultados, traducidos en factores de éxito clínico como son: menor tiempo de tratamiento, menor tiempo de sesión clínica, mayor comodidad para paciente y profesional, estética, salud dental, periodontal y articular. (Baratieri, 2001; Aguilar Ellis y col., 2013)

En este complejo Sistema de Adhesión participan:

- la base o plataforma del brackets o aditamento;
- la superficie adamantina;
- el acondicionamiento del esmalte y
- el medio de unión o agente cementante.

Los brackets son dispositivos metálicos, cerámicos o plásticos cuyas bases van cementadas por lo general en la superficie vestibular de la corona de los dientes y su función es guiar los movimientos resultantes de la aplicación de fuerzas a través de elementos activos como el arco principal, elásticos, resortes, etc. (Viazis, 1995; Graber y Vanarsdall, 2006)

El esmalte, reconocido como el tejido más duro del organismo, está estructuralmente constituido por millones de varillas o prismas altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor: desde la conexión amelodentinaria (CAD) a la superficie externa o libre en contacto con el medio bucal presentando distintas direcciones según la zona que se analice. El conjunto de prismas del esmalte forma el esmalte prismático, que constituye la mayor parte de esta matriz extracelular mineralizada. ( Uribe y col., 2009; Reyes Gasga, 2013; )

En el esmalte prismático se observan con el microscopio electrónico de barrido (MEB) bastones irregularmente paralelos en cortes longitudinales; mientras que en cortes transversales adoptan una morfología en ojo de cerradura de llave antigua. Esto permite distinguir en los prismas dos regiones: la cabeza o cuerpo (en forma de cúpula esférica seguida de un cuello estrecho) y la cola con terminación irregular. La cabeza corresponde a la región más ancha y ofrece al corte un contorno irregularmente circular u ovoideo. La región de la cola es la más delgada encontrándose situada debajo de la cabeza. (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2002)

El esmalte aprismático, carente de prismas, se encuentra presente en todos los dientes primarios, en la zona superficial de toda la corona y en un 70% de los dientes permanentes. En estos últimos se encuentran ubicados en mayor medida en las regiones cervicales y en zonas de fisuras y microfisuras y, en menor medida, en las superficies cuspídeas. Los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelos entre sí y perpendiculares a la superficie externa. (Durso y Abal, 2008; Lobato Carreño, 2013)

Para estudios in vitro se utilizan habitualmente premolares superiores humanos extraídos por indicaciones ortodónticas. Por criterios de: uniformidad, volumen,

adecuada distancia mesio-distal y gingivo-oclusal en la cara vestibular y menor cantidad de irregularidades del esmalte, la utilización de este diente permite estandarizar el proceso de cementación de los brackets. (Caballero Pachón y col., 2011)

El procedimiento adhesivo consta de tres componentes básicos:

- 1) Un acondicionador ácido, que tiene la finalidad de modificar química y morfológicamente la estructura del esmalte para permitir a los siguientes materiales adherirse mecánica y químicamente a esta superficie.
- 2) Un imprimador o primer, que penetra y moja toda la zona descalcificada para facilitar el contacto de la resina adhesiva con el esmalte desmineralizado. Sus funciones son mejorar la humectabilidad del esmalte acondicionado y vehiculizar la resina adhesiva hacia el interior del esmalte descalcificado.
- 3) Una resina, la cual penetra en el esmalte, sirviendo de puente entre las dos superficies a adherir, el esmalte y el aditamento ortodóncico. Además, la resina adhesiva confiere una flexibilidad y resistencia adecuada a la zona del esmalte infiltrado. (Albaladejo, 2006)

Para optimizar la adhesión a la estructura adamantina es necesario tratar previamente el tejido para lograr una superficie limpia con alta energía superficial, alterar su morfología y provocar micro porosidades que permitan la retención micromecánica del agente de unión a través de prolongaciones o inter digitaciones denominadas tags de resina o tags de penetración. Una superficie de esmalte intacta suele ser más resistente al grabado que una superficie de esmalte tallado, ya que en la primera el esmalte es aprismático y además con frecuencia tiene un mayor contenido en flúor (PerChoi, Condon y Ferracane, 2000; Uribe y col., 2006; Dos Santos y col., 2008)

El efecto del grabado ácido sobre el esmalte depende de múltiples factores: el tipo y la concentración del ácido usado, el tiempo de grabado y de lavado del ácido, la forma de presentación del agente de grabado (gel, semigel o solución acuosa), la condición y composición química, si se realiza en esmalte de dientes temporarios o de elementos permanentes, si el esmalte es prismático o aprismático y también si el esmalte esta fluoridizado, desmineralizado o pigmentado. También, puede influir si el esmalte es instrumentado antes del grabado. (Melendez Ruiz y col., 2002; Zambrano y col., 2008; Valencia y col., 2013)

Muchas investigaciones se realizaron con el propósito de observar y analizar la calidad del grabado ácido, ya que es un factor crucial en la retención de los materiales.

El ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante intervalos entre 15 y 60 segundos, lavado con agua en forma exhaustiva y luego secado con aire es el agente

acondicionador más utilizado. Una vez que el ácido logra disolver y penetrar las zonas inter o intraprismáticas se crea un área micro-retentiva, originando patrones de desmineralización característicos del esmalte. Luego al ser impregnada por una delgada capa de adhesivo logra, al polimerizar, la unión micro mecánica que asegura la adhesión a la estructura de la resina o agente cementante. (Espinosa y col., 2014)

Un elemento indispensable de los sistemas de adhesión es el adhesivo, que se activa y genera la unión entre dos sólidos. Un buen adhesivo debe mojar completamente la superficie del sustrato y presentar un mínimo cambio dimensional al pasar del líquido al sólido. (Mojica y col., 2007; Vargas Moreno, 2015)

El agente de enlace es una capa delgada de monómero, de consistencia viscosa que se aplica sobre la superficie del esmalte ya acondicionado y seco. Este agente puede ser auto o fotopolimerizable y produce una unión física, ya que fluye dentro de los poros del esmalte grabado para mejorar la retención. La base de la matriz de las resinas compuestas son los dimetacrilatos y en los adhesivos (resinas líquidas) se utiliza el mismo componente principal. Los dimetacrilatos, a nivel molecular, tienen un comportamiento hidrofóbico. Las moléculas de dimetacrilato forman cadenas poliméricas (polimetacrilatos) cuando polimerizan. (Ruse, 2007; González Costa Muñoz, 2013).

Las resinas BIS-GMA (bisfenol-glicidil-metacrilato) fueron introducidas con éxito en los años sesenta y después fueron aplicadas en la práctica clínica ortodóncica como adhesivos, desarrollando una molécula orgánica polimérica con menores cambios dimensionales. El agregado de partículas inorgánicas reduce aún más el cambio dimensional aumentando su resistencia. Esta mezcla de material orgánico y material inorgánico tratado con un silano es lo que recibe el nombre de resina compuesta, volviéndose la técnica de cementado más utilizada en la ortodoncia contemporánea. (Cova, 2004; Ramirez Orendain y Sáez Espínola, 2014)

Los sistemas adhesivos generalmente utilizados en ortodoncia se denominan sistemas de grabado total o de quinta generación. No obstante, gracias a la evolución de los adhesivos dentales, actualmente se encuentran disponibles en el mercado materiales que presentan propiedades físico-mecánicas que potencialmente pueden disminuir inconvenientes relacionados con la adhesión y, a su vez, reducir el tiempo de trabajo durante el procedimiento de cementación. Estos materiales, por su mecanismo de acción se conocen como autograbadores y corresponden respectivamente a la sexta y séptima generación de acuerdo a su desarrollo histórico. (Ciceri y col., 2011)

La aparición en el mercado de adhesivos de autograbado, que combinan el acondicionador del esmalte junto con el sistema adhesivo hidrófilo, permite obtener una superficie grabada y acondicionada sin tener que enjuagar, simplificando los dos

pasos cuando se aplica el grabado con ácido ortofosfórico seguido de la aplicación de la resina de unión. Esto permite además el control de la humedad y subsana el inconveniente de la capa desmineralizada y no impregnada por el adhesivo (Albaladejo, 2006; Miller, 2008; Vicente y col., 2008). La influencia de la presencia de humedad si bien es bastante controvertida, Graber y col. (2006); Faltermeier y col. (2007) concluyen que la contaminación disminuye la resistencia adhesiva. Además al requerir menos etapas en el procedimiento clínico se economiza tiempo del profesional, reduce la posibilidad de cometer errores y la presentación en dosis individuales (monodosis) aseguran una mejor conservación del producto. (Adobes, 2004; Martínez Muñoz, 2013; Aguilar Ellis y col., 2013)

Numerosos autores proponen el empleo de composites fluidos como agentes cementantes de brackets, tubos, botones, etc. Los composites fluidos son resinas compuestas de baja viscosidad, lo que las hace más fluidas que la resina compuesta convencional. En ellas está disminuido el porcentaje de relleno inorgánico y se han eliminado de su composición algunas sustancias con el propósito de mejorar las características de manipulación, penetración en la superficie a adherir y espesor mínimo de capa. Así también, el uso de composite fluido, permite tiempo suficiente para colocar la aparatología y para mantenerlo sobre la superficie del diente en lo que éste es polimerizado. Es importante disminuir el riesgo a desarrollar lesiones debajo del brackets y lograr suficiente resistencia al desprendimiento para soportar la biomecánica ortodóncica previniendo el desprendimiento involuntario. (Vicente y col., 2008; Albaladejo y col., 2011; Lobato Carreño, 2013, López Palacios y Sáez Espínola, 2014)

Se destaca la necesidad de mejorar la adaptación de la base del brackets a la superficie del esmalte con la finalidad que la resina de adhesión forme una capa delgada y uniforme en contacto con el diente; destacando: la calidad del material del brackets, la configuración anatómica que se adapte de la mejor manera y una adecuada cantidad y viscosidad de la resina. Como así también, se debe ejercer presión firme para producir el ajuste íntimo, que garantice una unión resistente, poco material para eliminar al despegarlo y un deslizamiento reducido cuando el material excedente fluya hacia la periferia. (Canut Brusola, 2005; Graber y Vanarsdall, 2006; Vargas Moreno, 2015)

El fracaso en la adhesión de un brackets a lo largo del tratamiento ortodóncico supone cierto retraso en la evolución del mismo, implicando una nueva recolocación del brackets que suele interferir en la secuencia de arcos, generando más tiempo sillón



del paciente, ocasionando retraso en la consulta y aumentando el valor económico del mismo. (Sondhi, 1999; Skidmore y col., 2006)

Según estudios realizados, los brackets que más frecuentemente se suelen despegar son los situados en los premolares y no hay diferencia en cuanto a sexo. Si suelen despegarse mayormente los cementados en premolares inferiores.(Gardner y Hobson, 2001; Elekdag-Turk y col., 2008)

Los fracasos en la adhesión se van a traducir en fallas a diferentes niveles de las distintas interfases pudiendo presentarse fallas adhesivas entre esmalte y material adhesivo, resina compuesta y material adhesivo, entre resina compuesta y brackets o fallas cohesivos en esmalte, resina compuesta, material adhesivo y brackets. (Herrera, 2005)

La localización de estas fallas tiene importancia porque según el nivel donde se producen y las características de las mismas tendrá repercusiones clínicas como caries marginal o descementado del brackets.

Las fallas de los sistemas adhesivos se pueden reducir si se toman medidas de precaución durante el proceso de adhesión para evitar errores en la técnica, así como también, la contaminación del material. Si una falla de adhesión ocurre durante las primeras 24-48 horas de colocación del aparato, se podría pensar que el problema se originó en la técnica o contaminación del material y estas posibilidades son bastante altas. (Sondhi, 1999)

Si se reconocen donde se producen las fallas, se podrá seleccionar la técnica de adhesión más efectiva y éstos resultados serán traducidos finalmente en beneficios para el paciente, profesional odontólogo, comunidad odontológica, y por último, toda la comunidad científica.

## *OBJETIVOS*

### Objetivo general:

Determinar las características estructurales del esmalte; de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets y la adhesión de brackets metálicos, utilizando tres protocolos de acondicionamiento.

### Objetivos específicos:

- Determinar los valores de adhesión de brackets metálicos a la superficie del esmalte, a través de la resistencia adhesiva al corte aplicando fuerzas en sentido ocluso-apical
- Analizar las superficies del esmalte y de la plataforma del brackets luego de la fractura con lupa estereoscópica a x30 a través del índice de adhesivo remanente ARI (Adhesive Remnant Index) y determinar las características de las fallas.
- Determinar por medio de observación con MEB, las características estructurales del esmalte en la zona de adhesión del brackets en sentido longitudinal (vestíbulo – palatino), transversal y diagonal.
- Observar y analizar a través de MEB el espesor, la adaptación y la presencia de hiatos de desadaptación de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets, utilizando como variables: sistema ácido fosfórico aplicando durante 15 s y 30 s, respectivamente e imprimador para esmalte no sensible a la humedad y sistema imprimador autograbadore para esmalte no sensible a la humedad.
- Determinar la correlación de los resultados de la adhesión y de la capa de unión correspondiente.

## *APORTE CIENTÍFICO*

La aparición en el mercado de sistemas adhesivos autograbantes permitiría disminuir el tiempo clínico de trabajo, con menos pasos operatorios y, por lo tanto, menos posibilidades de introducir errores en el cementado de aditamentos en ortodoncia. Este estudio comparativo *-in vitro-*, pretende verificar si la adhesión de los brackets a la superficie adamantina de premolares superiores estaría influenciada por las técnicas de acondicionamiento utilizadas y a través de la evidencia científica contribuir a disminuir los fracasos clínicos de la adhesión traducido por el despegamiento de los brackets o aditamentos utilizados en ortodoncia.

## *MATERIALES Y MÉTODOS*

### Materiales

Sistemas adhesivos (Figura 1):

- Ácido ortofosfórico al 37% (3M Unitek MR, Monrovia, Calif).
- Imprimador Autograbante SEP; Transbond™ Plus Self Etching Primer MR (3M Unitek, Monrovia, Calif).
- Transbond™ MIP Moisture insensitive primer (3M Unitek MR Monrovia, Calif).
- Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT (3M Unitek MR Monrovia, Calif).



Figura 1. Materiales utilizados para la adhesión de brackets. A. Transbond™ MIP Moisture insensitive primer y resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT; (3M Unitek MR Monrovia, Calif) B. Ácido ortofosfórico al 37% (3M Unitek MR, Monrovia, Calif) C. Imprimador Autograbante SEP; Transbond™ Plus Self Etching Primer MR (3M Unitek MR, Monrovia, Calif)

### Brackets

Se usaron 66 Brackets Gemini™ de 3M Unitek™ para premolares superiores prescripción MBT slot .022 de acero inoxidable con plataforma de adhesión o base romboide, una superficie de 10,62 mm<sup>2</sup> (según fabricante) y malla entretrejida de 80 micrones, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Brackets Gemini™ de 3M Unitek™ para premolares superiores prescripción MBT slot .022 de acero inoxidable.

### Estudio in vitro

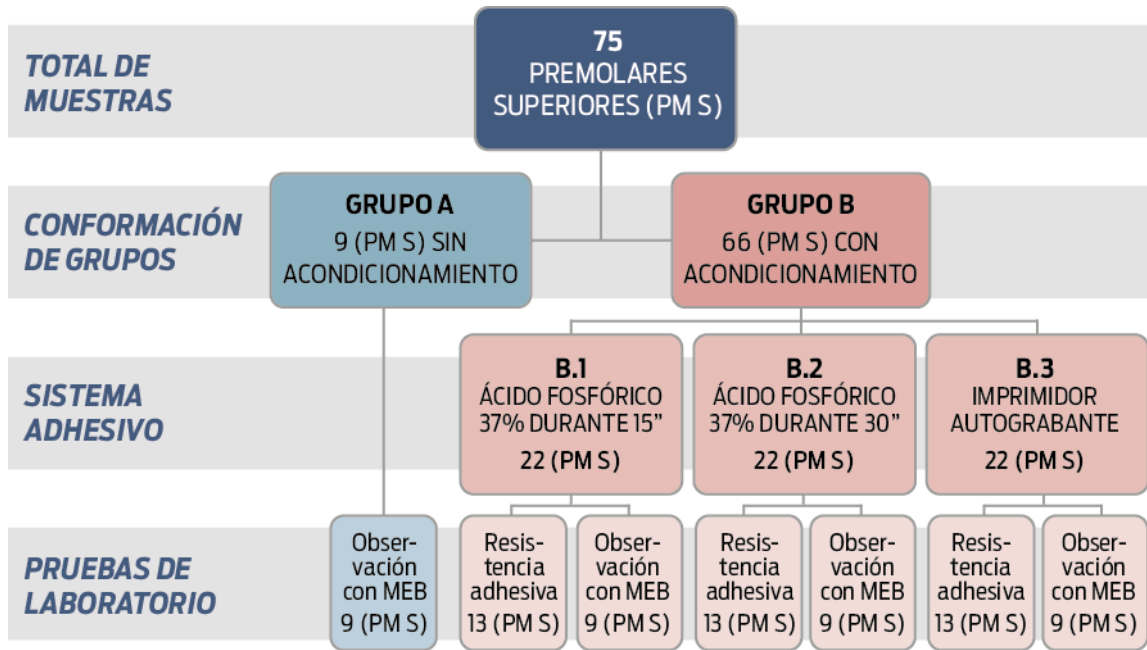
El presente estudio se realizó *in vitro*. Si bien, las investigaciones *in vitro* no logran simular la totalidad de las variables presentes en la cavidad oral, tales como: el nivel de humedad (saliva), las proteínas, los minerales, la placa bacteriana, el pH, las fuerzas masticatorias y los cambios de temperatura; los cuales tienen un efecto en la fuerza de adhesión de los brackets en situaciones *in vivo*. Otras investigaciones sugieren el termociclado como medio para simular algunas de estas variables; sin embargo, muchas veces el número de ciclos definido en un estudio no corresponde con los tiempos de permanencia de los brackets en la cavidad oral y, por lo tanto, los valores obtenidos pueden no ser confiables. (Ballesteros Pinzón, 2011)

### Elementos dentarios

75 premolares superiores humanos sanos extraídos, por razones ortodónticas, de individuos entre 14 y 18 años; sin antecedentes de tratamiento ortodóntico los que post extracción se lavaron con agua corriente y se eliminó con una cureta restos de ligamento periodontal. Se sumergieron en hipoclorito de Na 0,5% durante una semana para eliminar posibles riesgos de infecciones cruzadas y se conservaron en agua destilada en heladera a una temperatura de 4° C que se cambió semanalmente.

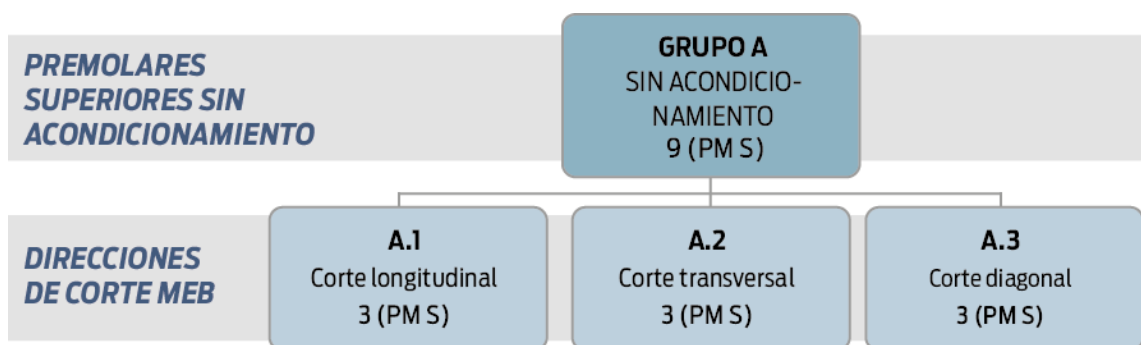
## Preparación de las muestras

De los 75 premolares se seleccionaron dos grupos, a través de un muestreo aleatorio simple, obteniendo como se indica en los Cuadros 1 y 2:



Cuadro 1. Distribución de muestras.

**Grupo A:** de 9 elementos dentarios que no recibieron acondicionamiento.



Cuadro 2. Distribución de muestras Grupo A sin acondicionamiento del esmalte dental

Subgrupos de tres muestras cada uno de acuerdo a la dirección del corte tomando como referencia el eje largo del diente (ver Figura 3):

*Subgrupo A.1:* corte longitudinal (sentido vestíbulo – palatino)

*Subgrupo A.2:* corte transversal

*Subgrupo A.3:* corte diagonal

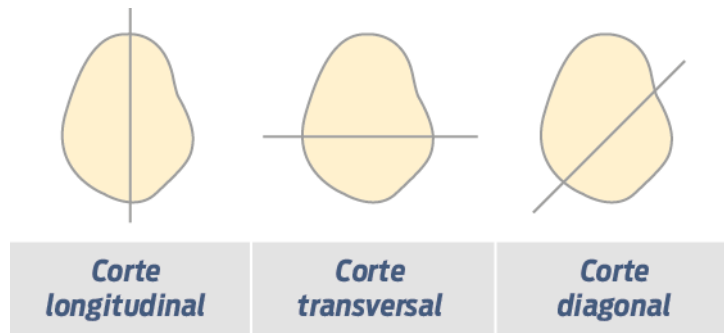


Figura 3. Dirección de corte de las coronas

Cada elemento dentario fue cortado con un disco de corte separando la corona de la porción radicular como se observa en la Figura 4.

Las porciones coronarias fueron embutidas de a dos en tubos de PVC (de 25 mm de diámetro y de 25 mm de alto) con acrílico autopolimerizable (Polvo Clásico, JET, SP, Brasil y líquido acrílico auto- polimerizante Clásico, JET, SP, Brasil). Una vez polimerizados, los conjuntos dientes-resina se removieron del interior de los tubos.

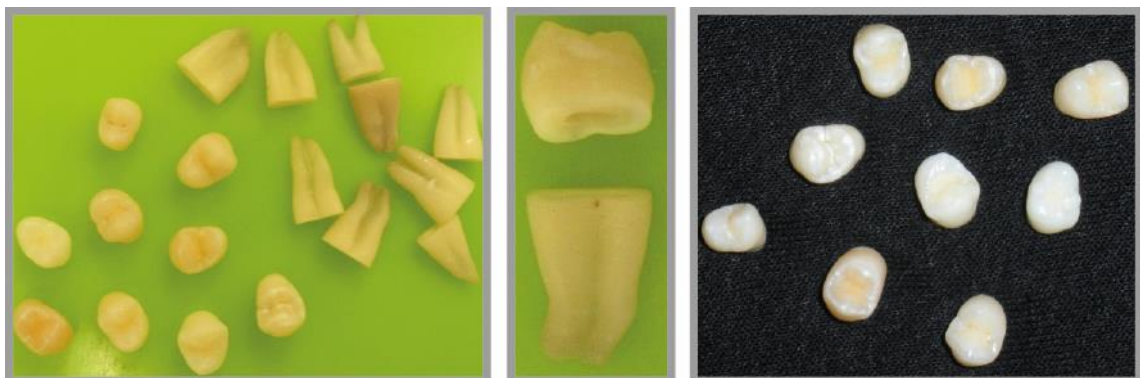


Figura 4. Corte para separar porción coronaria. Grupo A: 9 coronas de premolares superiores sin tratamiento del esmalte

A continuación se realizaron los cortes con una máquina de cortes seriados (Isomet-Buehler 1000, Lake Bluff, IL, EUA) para obtener láminas con un espesor de 1,5 mm que pasen por el área que correspondería al centro geométrico del brackets.

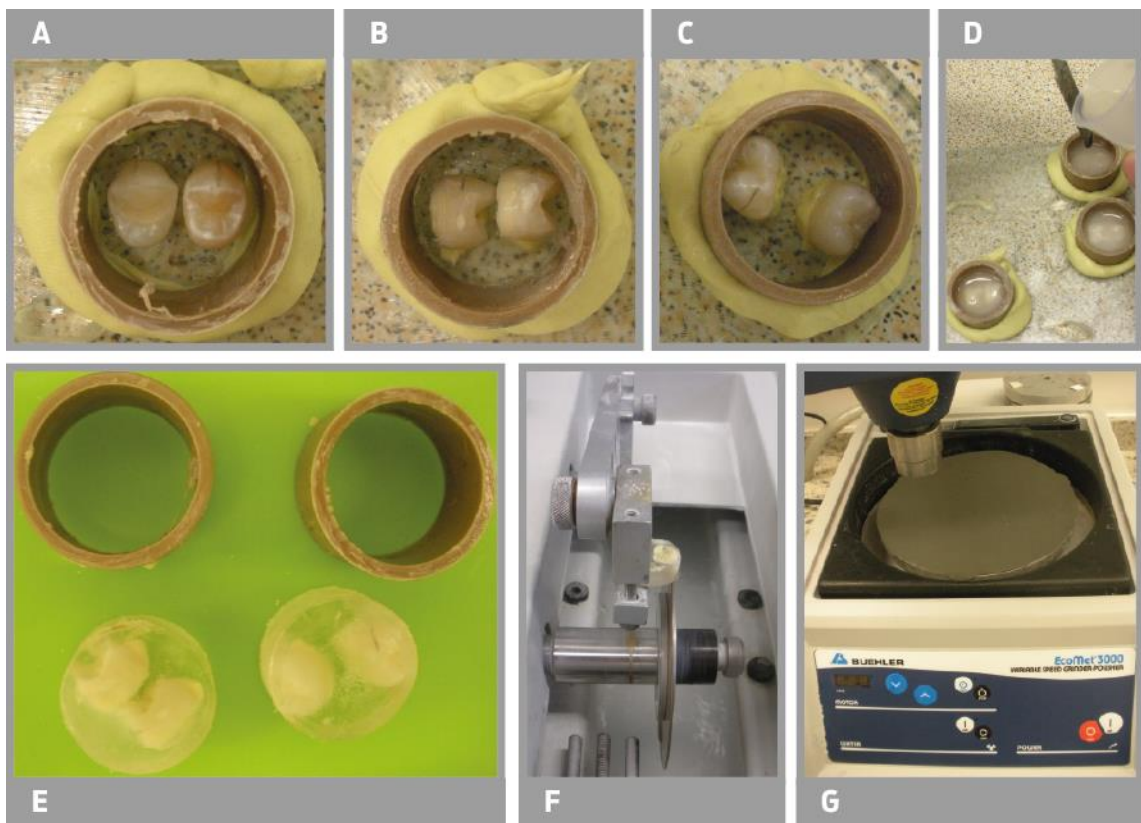


Figura 5. Secuencia de inclusión de coronas sin tratamiento del esmalte. A. Colocación de coronas para realizar corte longitudinal. B. Transversal C. Diagonal. D. Embutido de las coronas enacrílico auto polimerizante. E. Inclusión. F. Cortes de los tacos. G. Pulido de las muestras.

Cada lámina fue pulida con pulidora (Pulidora Buheler Eco Met 3000) y discos abrasivos (Buehler, Carbimet 600/p1200) como se muestra en las imágenes de la Figura 5.

Las muestras se colocaron en discos metálicos para la impregnación y observación al microscopio electrónico de barrido (MEB) (Figura 6).

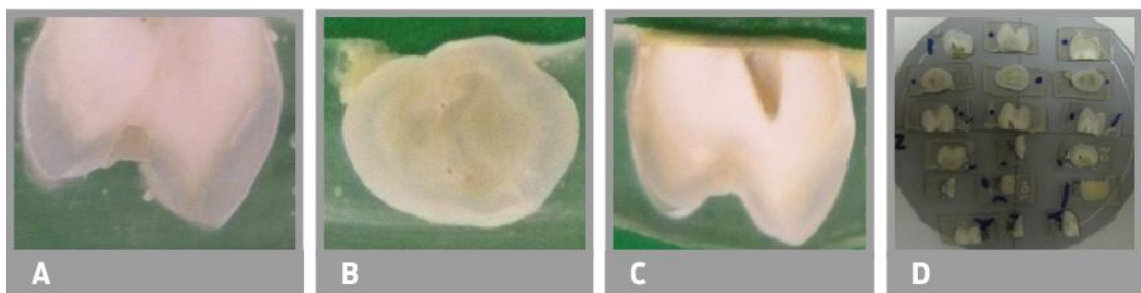


Figura 6. Muestras para MEB sin tratamiento de la superficie del esmalte: A. Corte longitudinal. B. Corte diagonal. C. Corte transversal. D. Muestras preparadas.



**Grupo B:** de 66 elementos.

Con el objetivo de crear patrones para estandarizar la colocación de los elementos dentarios, se confeccionaron 66 tacos de polipropileno (PP), realizados con acoples de polipropileno copolímero (Acqua System MR); con un diámetro de 25 mm y una altura de 40 mm. Para determinar la ubicación del elemento dentario se utilizó un nivel láser (Crossfire, Black & Decker MR) con el objetivo que la cara vestibular de los premolares sea paralela a la pared del tubo plástico y forme un ángulo de 90° con respecto a la base del taco, que la corona quede centrada en el diámetro y fuera del tubo; y la raíz sumergida en el tubo 2 mm por debajo del límite amelo-cementario (LAC).

El elemento dentario se ubicó con su cara vestibular paralela al haz de luz, que a su vez es paralelo a la pared del tubo y perpendicular al horizonte; y por el haz paralelo al horizonte que pase por el borde superior del taco y 2 mm más apical de la unión del esmalte y el cemento del diente (LAC), el cual fue fijado con masilla epoxi (Poxilina®). Una vez que ésta fraguó, se colocó suavemente el tubo de PP dejando en el centro del mismo al elemento dentario y se lo llenó con yeso densita tipo V (Densell) hasta el borde del tubo (Figura 7).

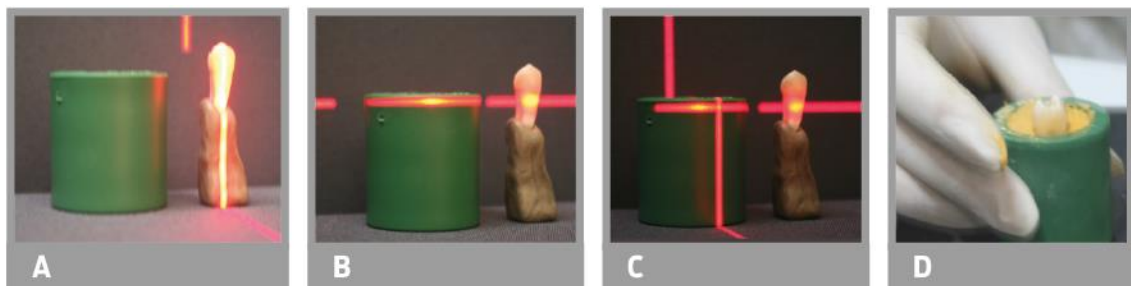


Figura 7. Inclusión de los elementos dentarios en los tacos: A. Eje largo del diente paralelo a la pared del tubo. B. Haz de luz 2 mm por debajo del límite amelo-cementario. C. Haz de luz paralelo a la pared del tubo y perpendicular al horizonte. D. Premolar al centro del tubo fijado con yeso densita tipo V.

Para la profilaxis de la cara vestibular se utilizó brochas impregnadas con pasta de piedra pómez y agua por 5 s con contrángulo a baja velocidad, renovando las brochas cada cinco muestras. Se lavaron con chorro de agua presurizado por 10 s, se secaron con aire filtrado y deshumidificado durante 15 s utilizando una jeringa triple (Figura 8).

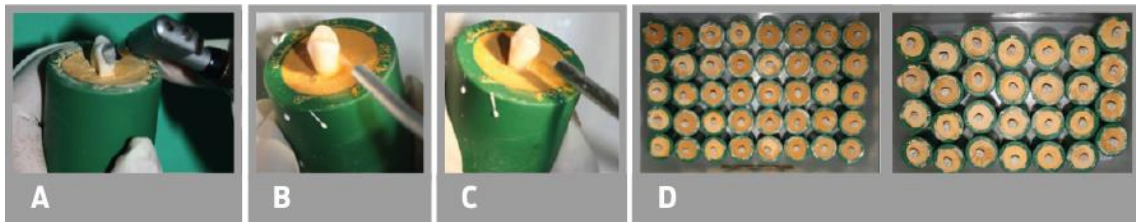


Figura 8. Profilaxis de la cara vestibular de los premolares superiores. A. Brocha con piedra pómez. B. Lavado con chorro de agua. C. Secado con aire. D. Muestras.

Los premolares así preparados se dividieron en tres subgrupos de 22 premolares cada uno:

**B.1.** Se aplicó la técnica convencional de acondicionamiento utilizando ácido fosfórico al 37%. Con un aplicador se colocó el ácido durante 15 s, se enjuagaron con chorro de agua presurizado durante 10 s y se secaron con aire filtrado y deshumidificado 15 s hasta que la superficie se observó blanca y opaca; con pincel se aplicó una delgada capa de adhesivo Transbond™ MIP sobre el esmalte grabado; aplicando aire filtrado y deshumidificado durante 5 s siguiendo la técnica indicada por el fabricante.

**B.2** Se aplicó la técnica convencional de acondicionamiento utilizando ácido fosfórico al 37%. Con un aplicador se colocó el ácido durante 30 s, se enjuagaron con chorro de agua presurizado durante 10 s y se secaron con aire filtrado y deshumidificado 15 s hasta que la superficie se observó blanca y opaca; con pincel se aplicó una delgada capa de adhesivo Transbond™ MIP sobre el esmalte grabado; aplicando aire filtrado y deshumidificado durante 5 s siguiendo la técnica indicada por el fabricante.

**B.3** El acondicionamiento se realizó aplicando el sistema de autograbante Transbond™ Plus Self Etching Primer que consiste en un envase monodosis compuesto por tres compartimentos y un aplicador. Se activó presionando el primer compartimiento y exprimiendo el contenido hacia el segundo reservorio, luego se replegó en la interfase del primer y segundo depósito para evitar el retroceso del líquido; luego se comprimió el depósito medio hacia el más pequeño que contiene el aplicador doblando nuevamente la interfase para evitar el retroceso del adhesivo. Se retiró el aplicador observando que el líquido posee el color amarillo claro sugerido por el fabricante. Una vez combinados los componentes, mediante el aplicador se colocó una capa del material en la cara vestibular de los premolares frotando el esmalte

durante 3 s, aplicando aire filtrado y deshumidificado durante 5 s para lograr una capa uniforme de adhesivo siguiendo la técnica indicada por el fabricante.

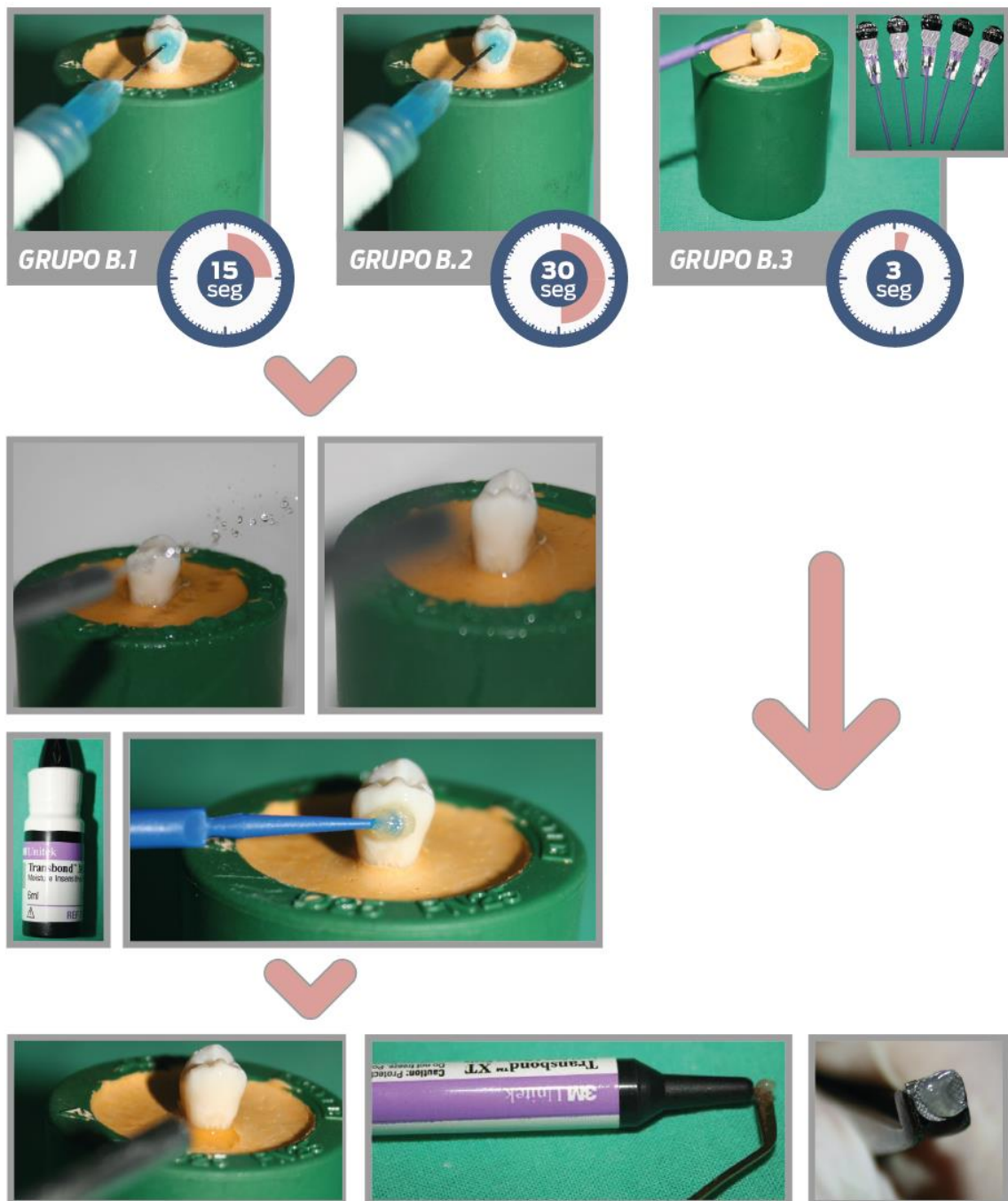


Figura 9. Grupo B materiales y pasos clínicos: B.1: Muestras acondicionadas con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 s. B.2: Muestras acondicionadas con ácido ortofosfórico al 37% durante 30 s. En ambos subgrupos: lavado con chorro de agua, secado con aire más capa de adhesivo. B.3: Muestras acondicionadas con autograbado. En los tres subgrupos: se aplicó aire para formar capa uniforme y se colocó resina para adherir los brackets.

Una vez terminado el acondicionamiento de la superficie adamantina de cada muestra (Subgrupos B.1, B.2 y B.3) se procedió a la cementación de los brackets utilizando resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT (Figura 9). Con una pinza porta brackets se posicionó el brackets en la cara vestibular de premolares en el centro de la corona clínica, el cual se obtuvo previamente con un calibre digital (Mestra) midiendo sobre el eje largo de la corona desde la cúspide hasta el LAC. El valor de esa medición se dividió en dos y este resultado indicó el posicionador (3M Unitek MR) que se colocó en un dispositivo de diseño propio (Figura 10 – planos del dispositivo en Anexo) con el cual se ejerció presión hasta que se acercó la base del brackets a la superficie del diente, utilizando un dinamómetro (Dental Morelli MR) ejerciendo una presión de 200 g. Se fotopolimerizó con lámpara Curim Light XL 3000 (3M Dental product MR) calibrada durante 40 s aplicando 10 s por cada cara del brackets: mesial, distal, gingival y oclusal. La lámpara de fotocurado se controló cada 5 muestras con radiómetro (Dentamerica) con un rango de 500 a 600  $\text{nw}/\text{cm}^2$ .

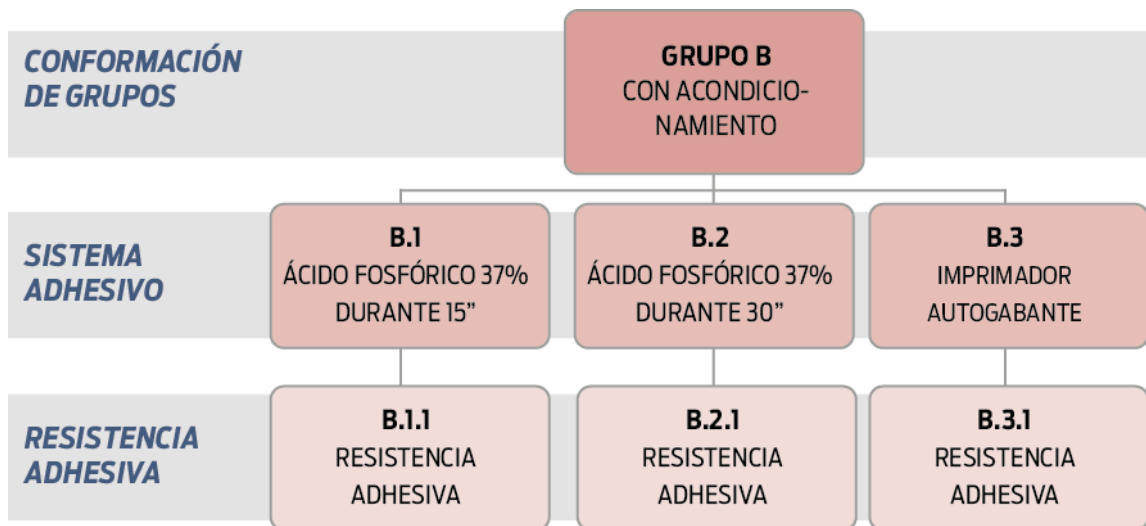


Figura 10. Dispositivo de diseño propio (ver plano en Anexo): A. Calibre para determinar largo corona anatómica. B. Dispositivo para cementar los brackets con igual presión. C. Posicionador para colocar el brackets en el centro de la corona anatómica en sentido ocluso apical.

## Pruebas de laboratorio

Una vez finalizado el cementado de los brackets en las muestras de los Subgrupos B.1, B.2 y B.3 cada uno de los mismos se dividió en dos subgrupos que se destinaron para: el análisis de la adhesión a través del test de resistencia adhesiva al corte por cizallamiento y análisis de índice de adhesivo remanente ARI (Subgrupos: B.1.1, B.2.1 y B.3.1) y la observación a través de MEB del espesor y la adaptación de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets (Subgrupos: B.1.2, B.2.2 y B.3.2).

### Resistencia adhesiva al corte



Cuadro 3. Distribución de muestras Grupo B con tres protocolos de acondicionamiento del esmalte dental destinados a medir resistencia adhesiva.

Los subgrupos: B.1.1, B.2.1 y B.3.1 se conformaron de 13 muestras cada uno, como se explica en el Cuadro 3, y se sometieron al test de resistencia adhesiva al corte con fuerzas aplicadas en sentido ocluso-apical. Se montaron para ello, cada uno de los 39 tacos en la máquina Kratos, SV 100 (Equipamentos Industriais, SP, Brasil, Departamento de Materiais Dentarios, Faculdade de Odontologia da Universidade de Sao Paulo, Brasil) que se programó con una velocidad de 0,5 mm/min (estandarización ISO:  $0,75 \pm 0,30$  mm/min), y un rango de fuerza de carga de 0/500 N con una precisión de  $\pm 0,1$  N. (Scougall Vilchis y col., 2009)

La herramienta de corte utilizada fue una cuchilla con bisel de  $22^\circ$  de angulación y de 1mm de espesor en el extremo, el cual toma contacto con la interfase cemento-diente-brackets (Figura 11).

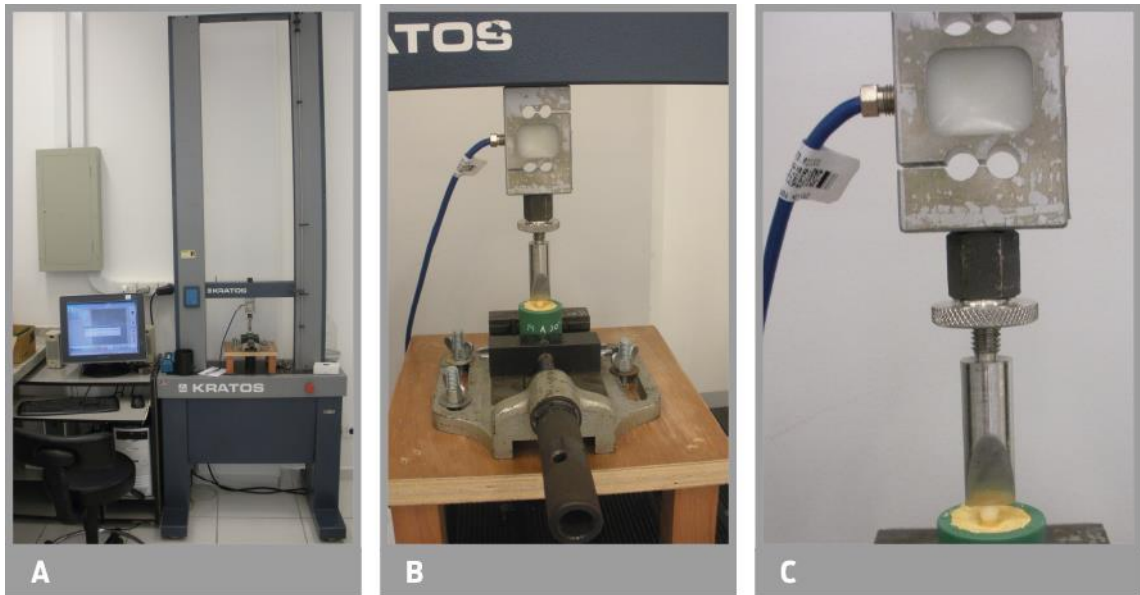


Figura 11. Máquina universal de prueba mecánica: A. Máquina Kratos, SV 100 (USPI, Brasil) B. Morsa para sostener el taco. C. Cuchilla con bisel de 22° de angulación y de 1mm de espesor.

Una vez terminadas las pruebas mecánicas de cizallamiento, los tacos se conservaron con su correspondiente brackets (Figura 12), permitiendo así su posterior análisis de las falla durante la descementación y clasificados de acuerdo al índice modificado de adhesivo remanente ARI. (Artun y Bergland, 1984)

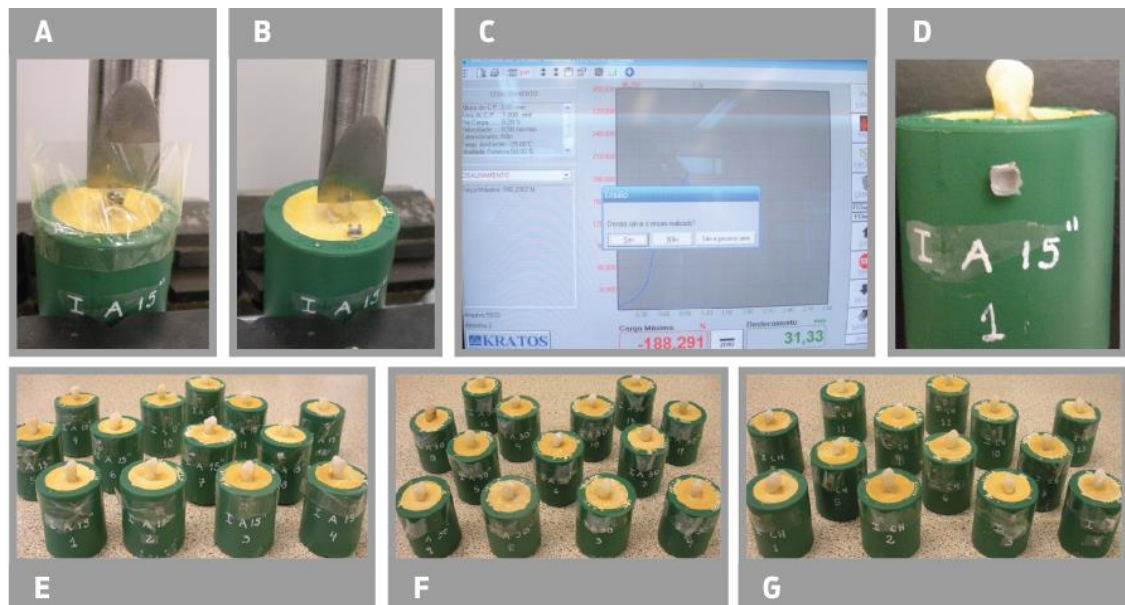


Figura 12. A Y B. Test de resistencia adhesiva al corte. C. Datos (USPI, Brasil) D. Muestra ya sometida al test. E. Muestras tratadas con ácido durante 15 s y preparadas para evaluación del adhesivo residual. F. Muestras tratadas con ácido durante 30 s y preparadas para evaluación del adhesivo residual. G. Muestras tratadas con imprimador autograbante y preparadas para evaluación del adhesivo residual.

## Análisis estadísticos

Los valores determinados por la máquina Kratos, SV 100 se registraron en Newton (N).

Conociendo el área de superficie de la base del brackets utilizado, definida por el fabricante y corroborada por medio de un calibre digital (Mestra) en  $10,62 \text{ mm}^2$ , se convirtieron estos valores para determinar el esfuerzo o resistencia a megapascal (MPa): un megapascal (MPa) es igual a  $1 \text{ N/mm}^2$ .

Una vez calculados los valores en megapascal (MPa) de cada una de las muestras para el análisis descriptivo correspondiente se utilizó: el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Se utilizó la prueba de hipótesis no paramétrica Kruskal – Wallis para comparar las diferencias estadísticas, teniendo como parámetro, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ). Los datos fueron analizados con software Infostat 2013.

## Índice de adhesivo remanente: ARI

Se evaluó cada muestra a través del índice de adhesivo remanente ARI (Adhesive Remnant Index), el cual permitió determinar la cantidad de cemento remanente en las piezas dentarias.

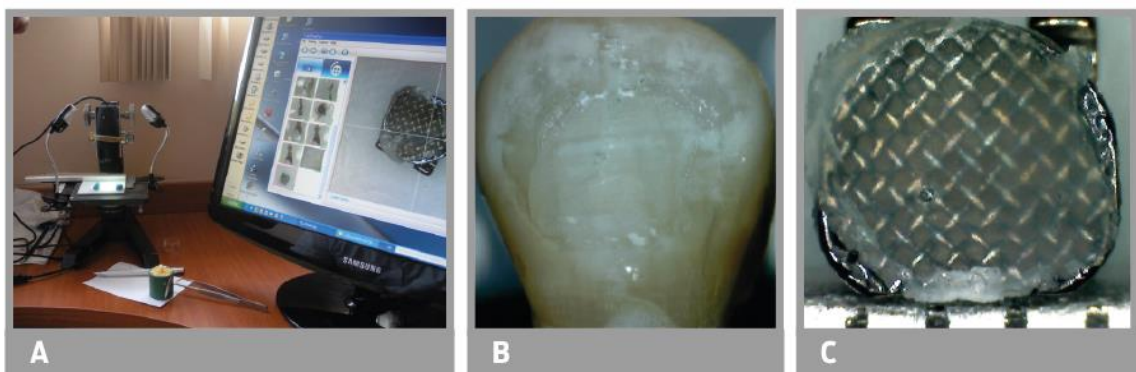


Figura 13. Análisis del cemento remanente: A. Lupa de 30X montada a una cámara. B. Observación del cemento remanente en el esmalte dentario. C. Observación del cemento remanente en la malla del brackets.

Se examinaron con lupa de 30X (KnightX) montada a una cámara (Sony Actioncam) y conectadas a una PC (Departamento de Materiais Dentarios, Faculdade de Odontologia da Universidade de Sao Paulo, Brasil). Las imágenes obtenidas fueron analizadas mediante el software Autocad 2013 para cuantificar los restos de cemento

adheridos a la superficie del esmalte dental en la zona de adhesión de la plataforma del brackets (Figura 13) y se asignaron a una de las categorías de la escala ARI modificada, que tiene rangos entre 5 y 1 según se muestra en Cuadro 4.

5	No se presenta adhesivo remanente en el esmalte.
4	Menos de 10% de adhesivo remanente en el esmalte.
3	Más de 10% pero menos de 90% de adhesivo remanente en el esmalte.
2	Más de 90% de adhesivo remanente en el esmalte.
1	Todo el adhesivo remanente en el esmalte, junto con la impresión de la base del bracket.

Cuadro 4. Índice de adhesivo remanente ARI modificada

### Análisis estadístico

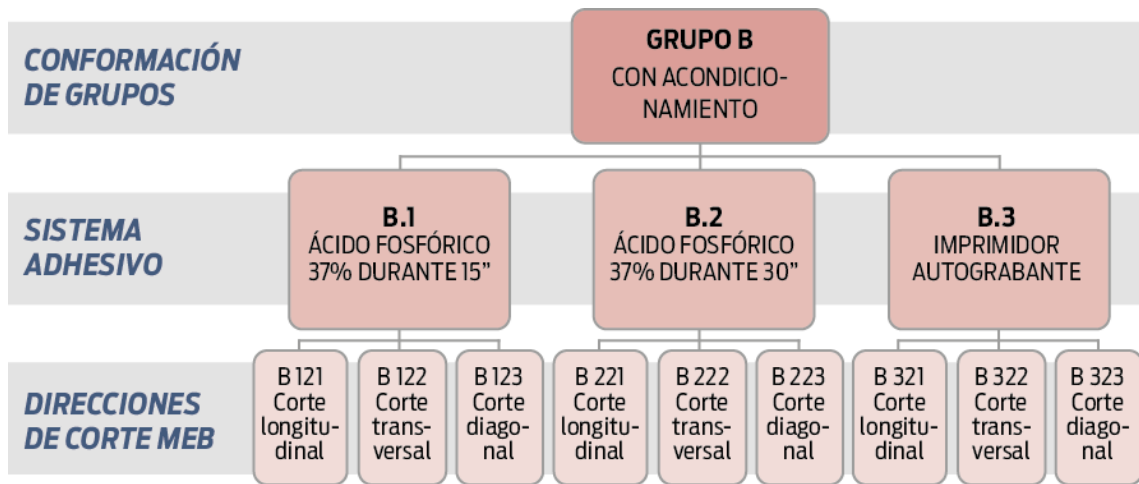
Para el análisis descriptivo correspondiente se utilizó el promedio y el resumen estadístico de los datos cualitativos se realizó mediante frecuencias relativas expresadas en porcentajes para cada nivel de la escala ARI. (Cuadro 4)

Se utilizó la prueba de hipótesis no paramétrica Kruskal – Wallis para comparar las diferencias estadísticas, teniendo como parámetro, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ). Los datos fueron analizados con software Infostat 2013.

### Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Los especímenes restantes de los Subgrupos: B.1.2, B.2.2 y B.3.2 (n=9 cada uno) fueron divididos en tres subgrupos de 3 muestras cada uno y procesados para su observación siguiendo el protocolo especificado y usados para preparar las muestras de los Grupos A (Subgrupos: A.1, A.2, A.3)





Cuadro 5. Distribución de muestras Grupo B para observación con MEB

Como se observa en el cuadro 5 los grupos que recibieron tratamiento de la superficie del esmalte dental (Grupo B) se dividieron en subgrupos según la dirección de corte (Figura 14), obteniendo:

*Subgrupos:* B.1.2.1, B.2.2.1. y B.3.2.1 Corte longitudinal (vestíbulo-palatino).

*Subgrupos:* B.1.2.2, B.2.2.2 y B.3.2.2 Corte transversal.

*Subgrupos:* B.1.2.3, B.2.2.3 y B.3.2.3 Cortes diagonal .

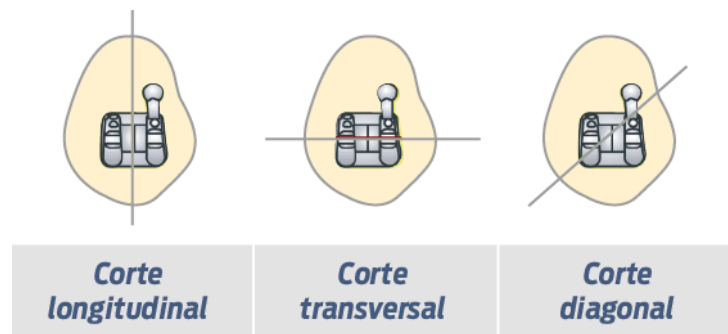


Figura 14. Gráfico de la dirección de los cortes

Para preparar las muestras, a cada taco con elemento dentario tratado, se seccionó con un disco de corte la porción coronaria separándola de la radicular.

Las porciones coronarias obtenidas fueron embutidas de a dos en tubos de PVC (realizados con tubos de PVC de 25 mm de diámetro y de 25 mm de alto), con acrílico autopolimerizable (acrílico Auto- Polimerizante Clásico, JET, SP, Brasil y

líquido acrílico Auto- Polimerizante Clásico, JET, SP, Brasil). Una vez polimerizada, el conjunto diente-resina se removieron del interior de los tubos (Figura 15).

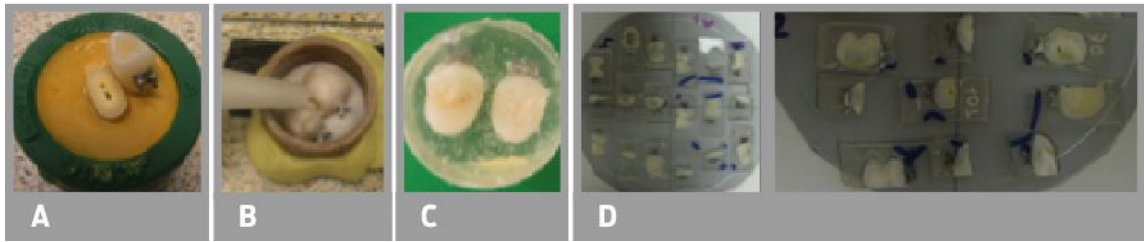


Figura 15. Preparación de muestras para MEB: A. Cortes de las coronas. B. Preparación de los tacos. C. Inclusión en acrílico termopolimerizable. D. Muestras: Cortes longitudinal, transversal y diagonal en láminas de 1,5 mm de espesor.

A continuación se realizaron los cortes con una máquina de cortes seriados (Isomet-Buehler 1000, Lake Bluff, IL, EUA; Departamento de Materiais Dentarios, Faculdade de Odontologia da Universidade de Sao Paulo, Brasil) para obtener láminas con un espesor de 1,5 mm que pasen por el área que correspondería al centro geométrico del brackets.

Cada lámina fue pulida con pulidora (Pulidora Buheler Eco Met 3000; Departamento de Materiais Dentarios, Faculdade de Odontologia da Universidade de Sao Paulo, Brasil) y discos abrasivos (Buehler, Carbinet 600/p1200).

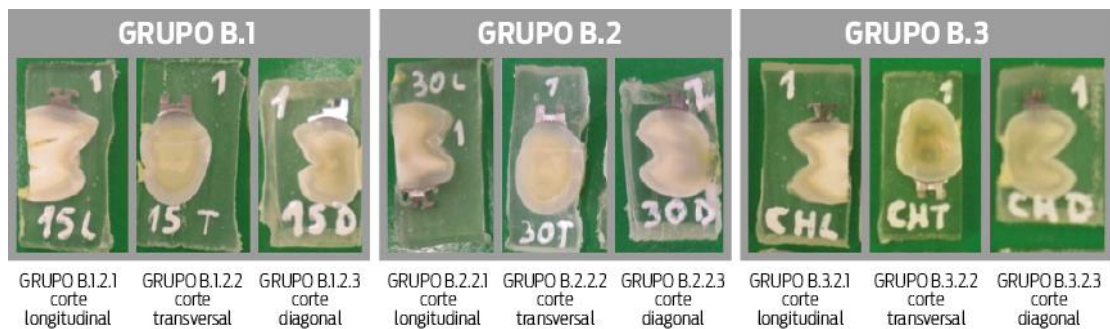


Figura 16. Muestras para observación con MEB.

Las muestras se colocaron en los discos metálicos para la impregnación y observación al Microscopio Electrónico de Barrido FE-SEM Sigma (Carl Zeiss, Modelo: FE SEM SIGMA, LAMARX FaMAF, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Las imágenes más representativas de cada muestra se digitalizaron y grabaron en archivos informáticos.

## RESULTADOS

### I. Valores de adhesión:

- Resistencia adhesiva al corte
- Índice de adhesivo remanente (ARI)

### II. Microscopio electrónico de barrido (MEB)

#### I. VALORES DE ADHESIÓN: RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE.

Los valores de adhesión de los subgrupos: B.1.1 (ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 15 s) , B.2.1 (ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 30 s) y B.3.1 (primer autograbador) obtenidos a través de la resistencia adhesiva al corte, aplicando fuerza de cizallamiento en sentido ocluso-apical se detallan en la Tabla 1.

Valores de resistencia adhesiva al corte								
SUBGRUPO B.1.1			SUBGRUPO B.2.1			SUBGRUPO B.3.1		
n:	N	MPa	n:	N	MPa	n:	N	MPa
1	200,30	18,86	1	188,29	17,73	1	255,22	24,03
2	157,39	14,82	2	251,79	23,71	2	200,54	18,88
3	228,49	21,52	3	154,45	14,54	3	236,34	22,25
4	201,77	19,00	4	272,62	25,67	4	227,39	21,41
5	228	21,47	5	100,02	9,42	5	240,00	22,60
6	198,34	18,68	6	163,77	15,42	6	226,29	21,31
7	200,54	18,88	7	214,03	20,15	7	115,70	10,89
8	237,81	22,39	8	269,19	25,35	8	171,37	16,14
9	141,7	13,34	9	131,65	12,40	9	143,17	13,48
10	112,28	10,57	10	220,65	20,78	10	131,16	12,35
11	154,94	14,59	11	203,00	19,11	11	254,24	23,94
12	254,48	23,96	12	171,61	16,16	12	219,18	20,64
13	240,02	22,60	13	180,00	16,95	13	162,79	15,33

Tabla 1. Valores de resistencia adhesiva al corte en sentido ocluso-apical obtenidos en las muestras (n=) de los subgrupo B.1.1, B.2.1 y B.3.1 tomados en Newton (N) y tensiones de corte en Megapascal (MPa).

Al cotejar el promedio de los valores de adhesión obtenidos en cada grupo de estudio no se evidenció diferencias.

Se empleó la prueba de hipótesis no paramétrica Kruskal – Wallis para comparar las diferencias estadísticas, teniendo como parámetro, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ); no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres subgrupos evaluados. (Tabla 2)

Valores de resistencia adhesiva al corte expresados en megapascal (MPa)				
GRUPO	MEDIAS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIANAS	KRUSKAL WALLIS p_valor
B.1.1	18	4	19	0,95
B.2.1	18	4	18	
B.3.1	18	4	20	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 2. Prueba de Kruskal Wallis: No hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio.

### VALORES DE ADHESIÓN: ÍNDICE DE ADHESIVO REMANENTE (ARI)

Los datos obtenidos al analizar el porcentaje de área ocupada por el adhesivo residual sobre el esmalte dental en los subgrupos: B.1.1 (ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 15 s), B.2.1 (ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 30 s) y B.3.1 (primer autograbador) detallados en Tabla 3 muestran resultados similares al comparar la media (Tabla 3).

Índice adhesivo remanente ARI			
Muestra Nº	Subgrupo B.1.1	Subgrupo B.2.1	Subgrupo B.3.1
1	4	4	1
2	4	4	5
3	4	4	3
4	5	4	5
5	4	5	5
6	5	5	5
7	5	5	5
8	5	5	4
9	5	4	4
10	5	4	5
11	5	5	5
12	4	5	5
13	5	5	4
<b>Promedio</b>	<b>4,6</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>

Tabla 3. Rangos obtenidos del análisis del índice de adhesivo remanente (ARI) en las muestras de los tres grupos estudiados

Se aplicó la prueba de hipótesis no paramétrica Kruskal – Wallis para comparar las diferencias estadísticas, teniendo como parámetro, Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ). No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tres protocolos de acondicionamiento utilizados (Tabla 4).

Valores: índice de adhesivo remanente (ARI)					
GRUPO	(n:)	MEDIAS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIANAS	KRUSKAL WALLIS p_valor
B.1.1	13	4,6	0,5	5	0,88
B.2.1	13	4,5	0,5	5	
B.3.1	12	4,5	0,5	5	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 4. Cuadro comparativo. No hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio.

El resumen estadístico de los datos cualitativos se realizó mediante frecuencias relativas expresadas en porcentajes para cada nivel de la escala ARI. (Tabla 5). Los tres grupos estudiados tuvieron mayoría de criterios 4 y 5 (5- No se presenta adhesivo remanente en el esmalte; 4- Menos de 10 % de adhesivo remanente en el esmalte) lo cual sería muy ventajoso a la hora de remover el adhesivo remanente, tras descementar los brackets, al finalizar el tratamiento ortodóntico.

Índice de adhesivo remanente (ARI): criterios						
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	TOTAL muestras
B.1.1	0	0	0	5	8	13
B.2.1	0	0	0	6	7	13
B.3.1	1	0	1	3	8	13
Total	1	0	1	14	23	39
%	2%	0,00%	2%	36%	60%	100,00%

Tabla 5. Porcentajes de criterios obtenidos del análisis del índice de adhesivo remanente (ARI) en las muestras de los tres grupos estudiados.

## II. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

La variabilidad de las características estructurales del esmalte observada en premolares sin tratamiento, en la zona donde se realiza la adhesión de los brackets, depende del plano en que son seccionados los mismos.

### **Grupo A:**

Se realizó el estudio descriptivo con microscopia electrónica de barrido de las características estructurales del “esmalte sin tratamiento” Grupo A en la zona donde se realiza la adhesión de brackets. Cortes en sentido: longitudinal (vestíbulo-palatino) Subgrupo A.1, transversal Subgrupo A.2 y diagonal Subgrupo A.3.

### **Subgrupo A.1.: Corte longitudinal en sentido vestibulo-palatino**

En las muestras realizadas a partir de cortes longitudinales en sentido vestibulo-palatino se puede ver en el campo microscópico la presencia de las varillas adamantinas en forma redondeada dispuestas irregularmente paralelas entre si, perdiendo esa definición a medida que se acercan a la superficie. Esta zona superficial o capa aprismática (EAP) fue observada en todas las muestras, encontrándose en algunas, depresiones que corresponderían a la terminación de prismas adamantinos. (Figuras 17,18 y 19)

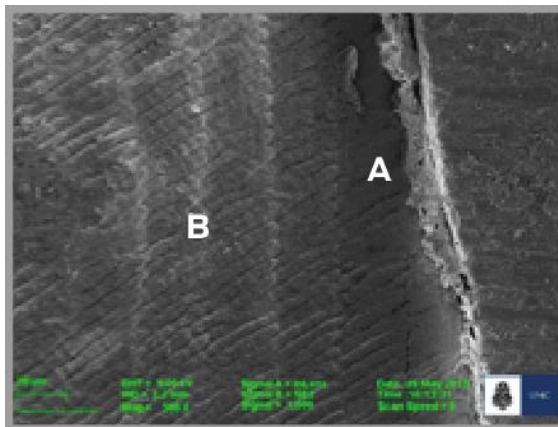


Figura 17. Subgrupo A.1. Corte longitudinal, zona gingival. Se observa en (A) la zona superficial aprismática (CAP) y en B la dirección paralela de la varillas adamantinas.

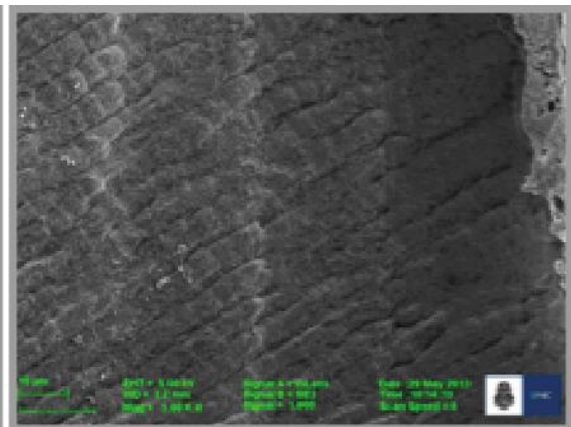


Figura 18. Subgrupo A.1. A mayor aumento se observa la ausencia o falta de definición de las varillas a medida que se acercan a la superficie del esmalte.

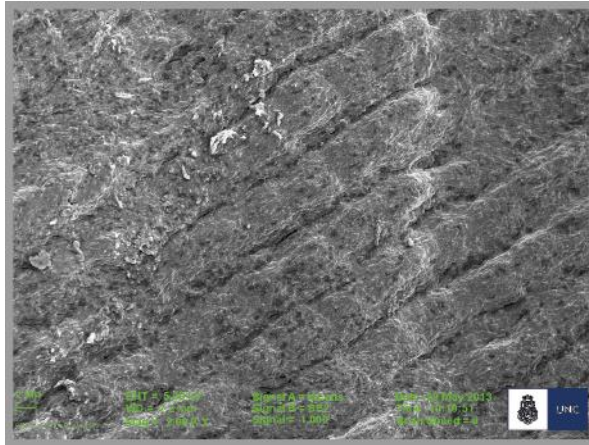
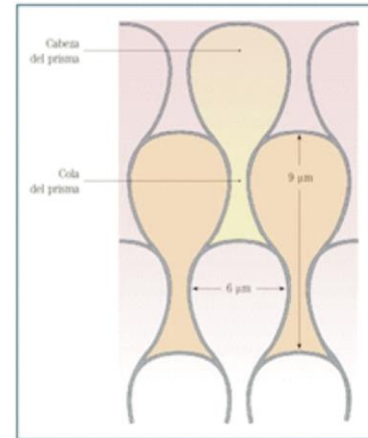


Figura 19. Subgrupo A.1. A mayor aumento se visualiza la terminación de las varillas adamantinas y la presencia de depresiones oscuras en el campo microscópico atribuidas por distintos autores a la presencia o no de las perikematias. (Goin y col., 2007) o la terminación de las varillas que marchan hacia la superficie, como acuerdan otros autores



Esquema 1. Esquema de los prismas en corte transversal. (Imágen tomada del libro "Histología y embriología bucodental" Gomez de Ferraris y Campos Muñoz, 2000)

### Subgrupo A.2.: Corte transversal

En aquellos cortes en que los prismas fueron seccionados transversalmente los mismos presentaron una amplia variabilidad morfológica visualizándolas en forma de ojo de cerradura antigua, de escama de pescado, hexagonal u ovalada. (Esquema 1)

Se disponen en hileras o en su característico empaquetamiento de cabezas y colas y van desapareciendo a medida que se acercan a la superficie para constituir el esmalte aprismático. En todas las muestras se observa la presencia de esa capa con espesores variables. (Figuras 20, 21, 22 y 23)

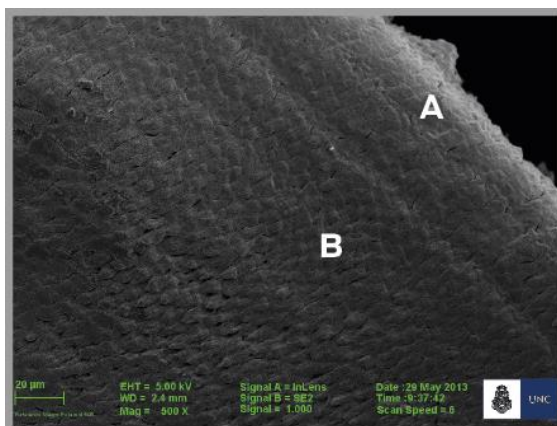


Figura 20. Subgrupo A.2. Corte transversal. Zona mesial, donde se observa en (A) la capa aprismática y en (B) las varillas adamantinas.

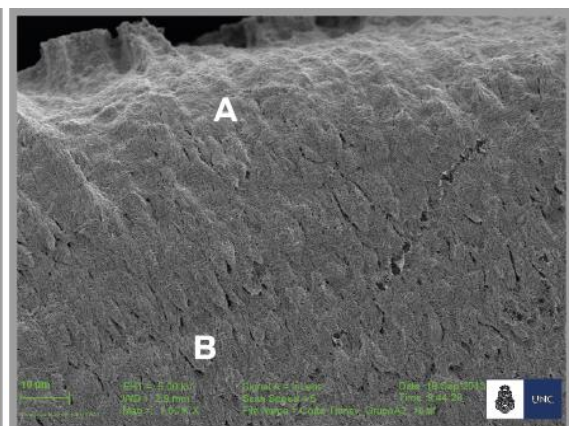


Figura 21. Subgrupo A.2. A mayor aumento (A) la capa aprismática y en (B) las varillas mostrando la forma de escama de pescado.

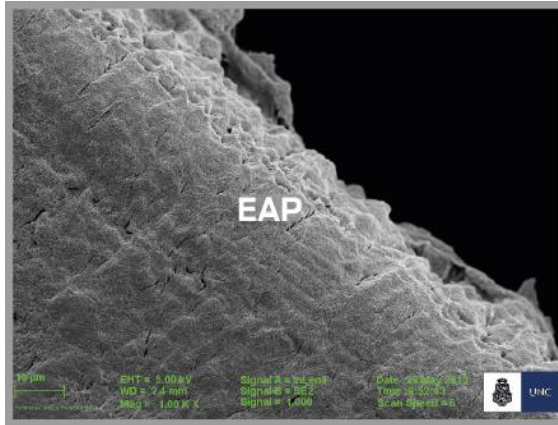


Figura 22. Subgrupo A.2. Capa aprismática (EAP): No se observan varillas adamantinas con sus típicas formas.

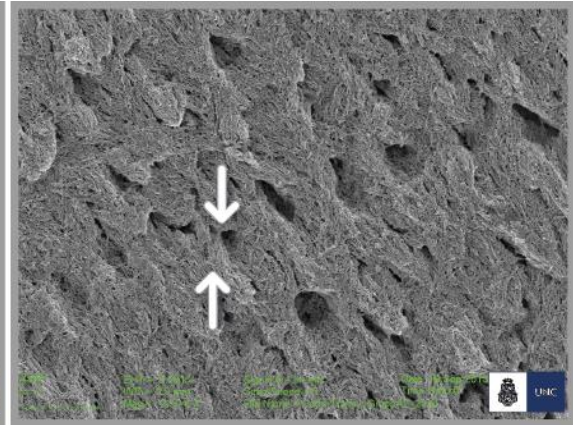


Figura 23. Subgrupo A.2. Esmalte prismático donde las varillas se muestran en forma de ojo de cerradura relacionándose entre si, de tal manera, que entre las cabezas se encuentra la cola perteneciente a la varilla contigua.

### Subgrupo A.3.: Corte diagonal

En todas las muestras con cortes en diagonal y en las tres zonas analizadas: gingival, medio y oclusal se observó la presencia de esmalte aprismático con espesores variables y las varillas adamantinas alargadas, paralelas y entrelazadas entre sí. (Figuras 24, 25, 26 y 27)

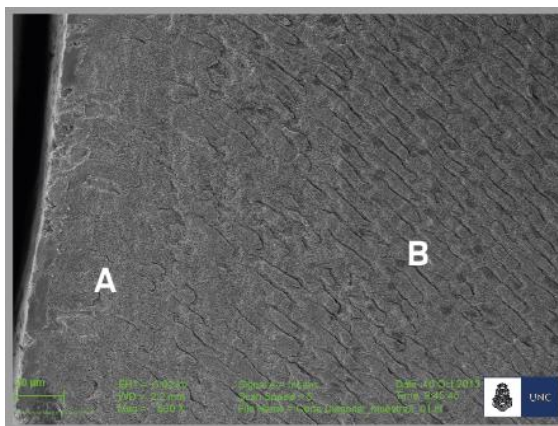


Figura 24. Subgrupo A.3. Se observa en (A) la capa aprismática en la zona superficial y en (B) la dirección de las varillas en la capa prismática.

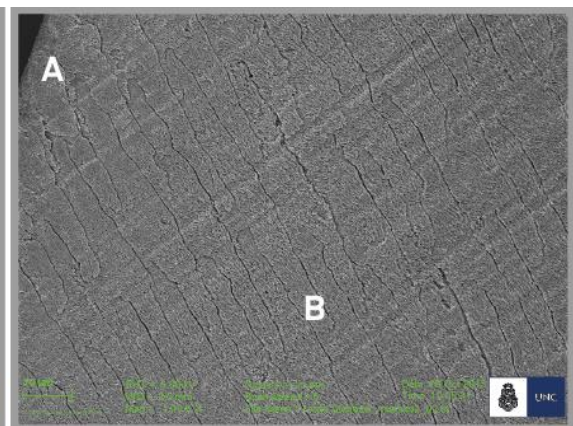


Figura 25. Subgrupo A.3. Se visualiza a mayor aumento el paralelismo de las varillas adamantinas para ir desapareciendo a medida que se acercan a la superficie.



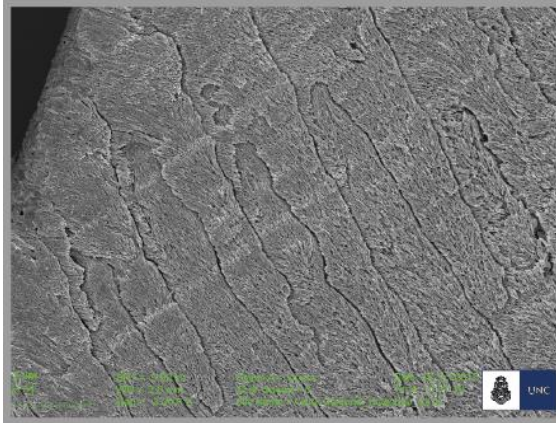


Figura 26. Subgrupo A.3. A mayor aumento se puede ver la interdigitación que muestran las varillas en esta dirección de corte.

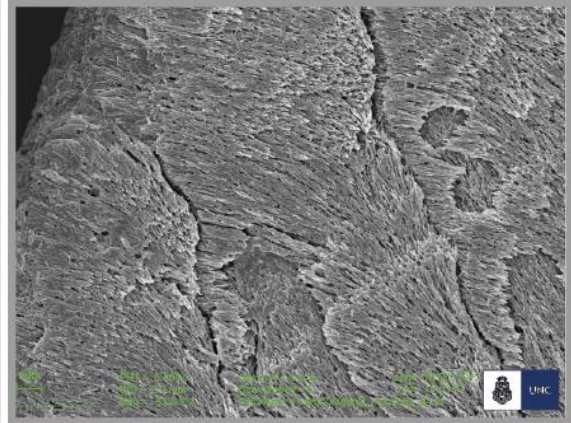


Figura 27. Subgrupo A.3. La zona superficial a mayor aumento. Nótese el paralelismo de los cristales entre si y que tienden a ser perpendiculares a la superficie.

### Grupo B:

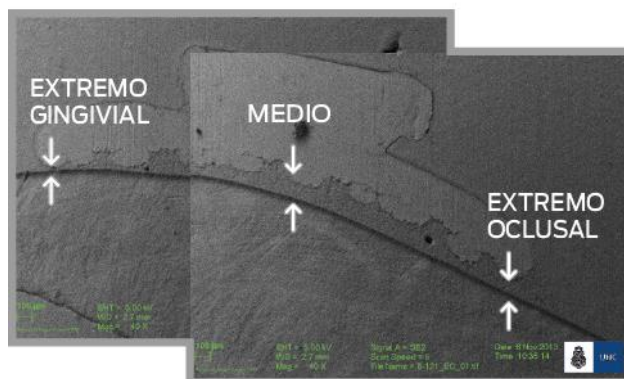
Estudio descriptivo con microscopía electrónica de barrido de las características de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets de los Subgrupos B.1, B.2 y B.3. Cortes en sentido: longitudinal (vestíbulo-palatino), transversal y diagonal:

- Subgrupos: B.1.2.1, B.2.2.1. y B.3.2.1 Corte longitudinal (vestíbulo-palatino).
- Subgrupos: B.1.2.2, B.2.2.2 y B.3.2.2 Corte transversal.
- Subgrupos: B.1.2.3, B.2.2.3 y B.3.2.3 Cortes diagonal.

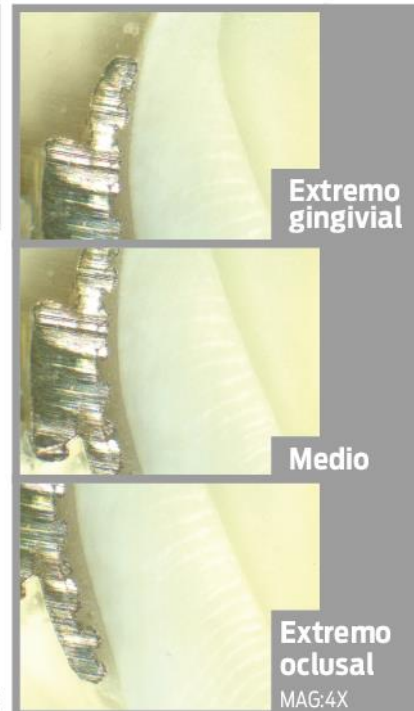
#### GRUPO B.1.2.1

Corte longitudinal

Superficie del esmalte tratada con ácido fosfórico al 37% aplicado durante 15 seg.



A



B

Figura 28. Subgrupo B.1.2.1. Corte premolar superior sentido longitudinal. Superficie del esmalte tratada con Acido fosfórico al 37% aplicado durante 15 s. A. Zonas de observación con MEB. B. Zonas de observación con lupa (Mag=4X)

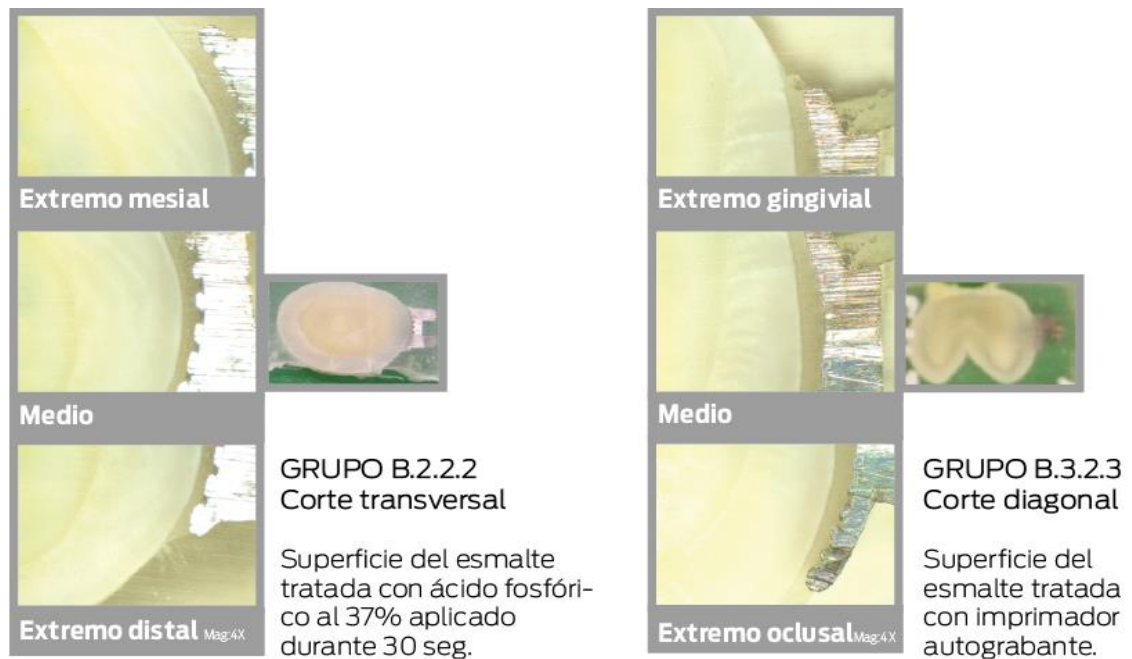


Figura 29. Subgrupos B.2.2.2 y B.3.2.3. Zonas de observación con lupa (Mag=4X) A. Nomenclatura de los puntos de observación con MEB, corte transversal. B. Nomenclatura de los puntos de observación con MEB, corte diagonal.

### Subgrupo B.1

**Subgrupo B.1:** ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos + primer MIP Transbond™+ Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT.

Las muestras analizadas en los distintos puntos de observación mostraron una capa de unión continua, uniforme, sin hiatos de desadaptación tanto a la estructura adamantina como a la resina compuesta y ésta a la plataforma de unión del brackets. Es de notar en esta dirección de corte la presencia y profundidad de tags de penetración en la capa superficial del esmalte.

#### Subgrupo B.1.2.1.: Corte Longitudinal en sentido vestibulo-palatino

En las muestras acondicionadas con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, cortadas en sentido longitudinal (vestibulo-palatino) se observó espesores uniformes de la capa de adhesivo, presencia de tags de penetración en el esmalte y una correcta adaptación tanto a esmalte como a la resina compuesta Transbond™ XT. (Figuras 30, 31, 32 y 33)

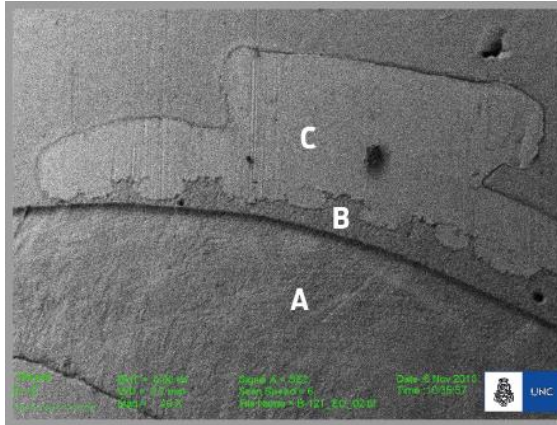


Figura 30. Subgrupo B.1.2.1. Se observa correcta adaptación unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets.(A) esmalte dental, (B) resina y (C) brackets.

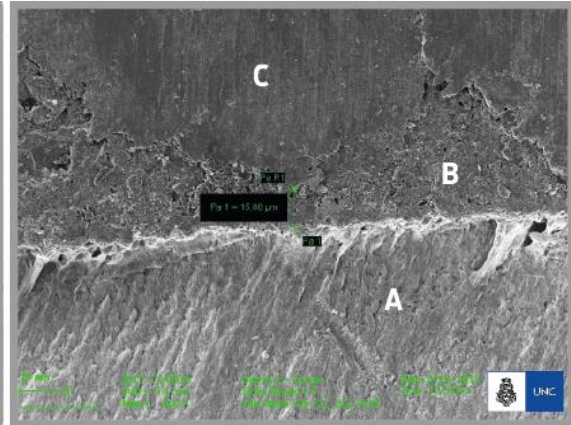


Figura 31. Subgrupo B.1.2.1. Imagen de la zona oclusal de observación. Se aprecia la ausencia de hiatos de desadaptación en la unión esmalte (A) a resina (B) brackets (C).

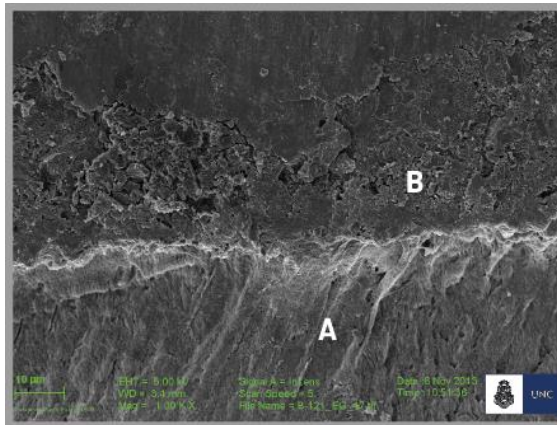


Figura 32. Subgrupo B.1.2.1. A mayor aumento, se observan los tags de penetración del adhesivo en el esmalte y la ausencia de hiatos, donde (A) esmalte y (B) resina.

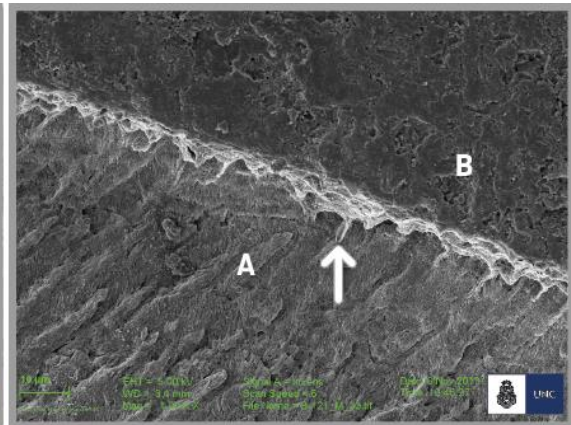


Figura 33. Subgrupo B.1.2.1. Zona oclusal de observación. Es de notar el espesor uniforme de la capa de unión, los tags y adaptación a esmalte (A) y resina (B).

### Subgrupo B.1.2.2.: Corte transversal

Las muestras seccionadas transversalmente mostraron, al igual que en los cortes anteriores, la capa de unión continua y de espesor uniforme. No se observaron los tags del adhesivo en el esmalte, como en la sección longitudinal, debido a la dirección de corte. Se observó también como en las muestras del grupo B1.2.1, una correcta adaptación tanto a esmalte como a la resina Transbond™ XT sin presencia de hiatos. (Figuras 34, 35, 36 y 37)

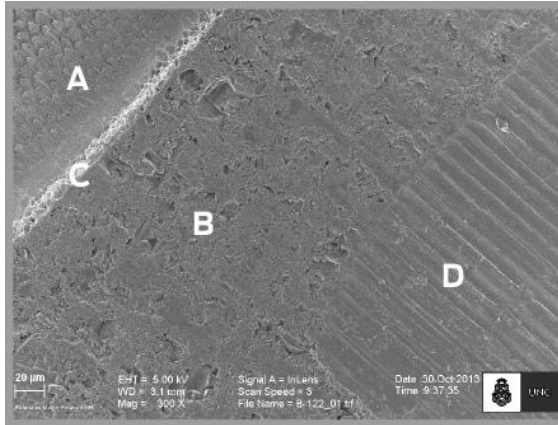


Figura 34. Subgrupo B.1.2.2. Zona mesial. Se observa correcta adaptación del adhesivo (C) al esmalte (A) y a la resina (B). Como así también la resina a la plataforma de adhesión del brackets (D).

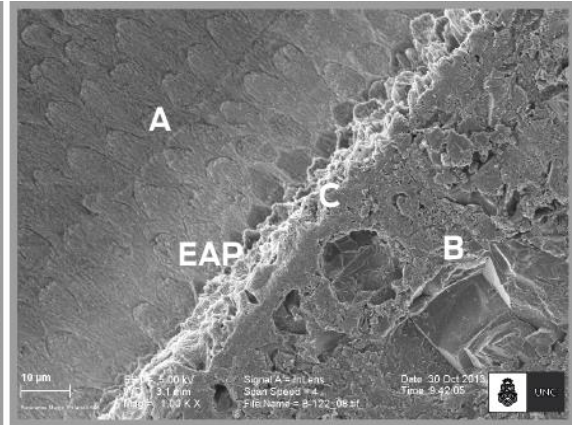


Figura 35. Subgrupo B.1.2.2. A mayor aumento muestra las varillas adamantinas en una de sus típicas formas en sección transversal, la unión del adhesivo (C) a la capa aprismática (EAP) y a la resina (B).

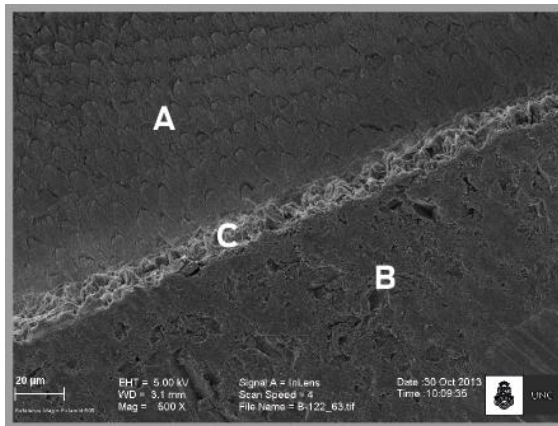


Figura 36. Subgrupo B.1.2.2. Zona media de observación. Capa de unión del sistema adhesivo (C) a esmalte (A) y resina (B).

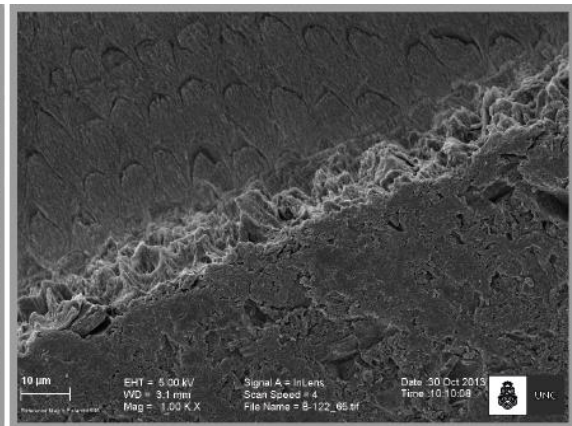


Figura 37. Subgrupo B.1.2.2. A mayor aumento se observa la característica de la capa del adhesivo sin los tags de penetración que se visualizan cuando las muestras son observadas en cortes longitudinales.

### Subgrupo B.1.2.3.: Corte diagonal

Las muestras acondicionadas con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos y seccionadas en sentido diagonal mostraron, al igual que en los cortes anteriores, la capa de unión continua y de espesor uniforme en la unión esmalte - adhesivo -medio cementante- brackets. Se observó la presencia de tags en el esmalte, algunos discontinuos atribuidos posiblemente a la sección diagonal del corte. (Figuras 38, 39, 40 y 41)

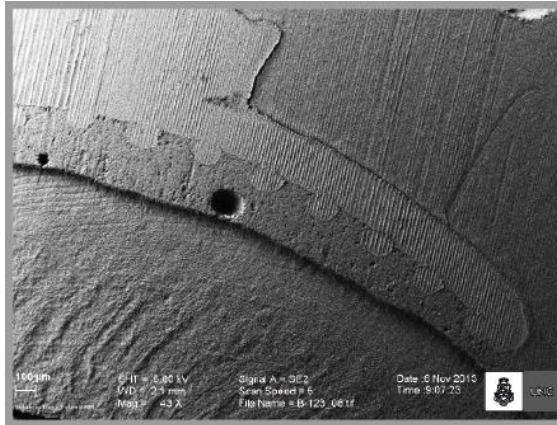


Figura 38. Subgrupo B.1.2.3. Zona media y oclusal de observación. Muestra una correcta adaptación en la unión esmalte-adhesivo-resina-plataforma del brackets.

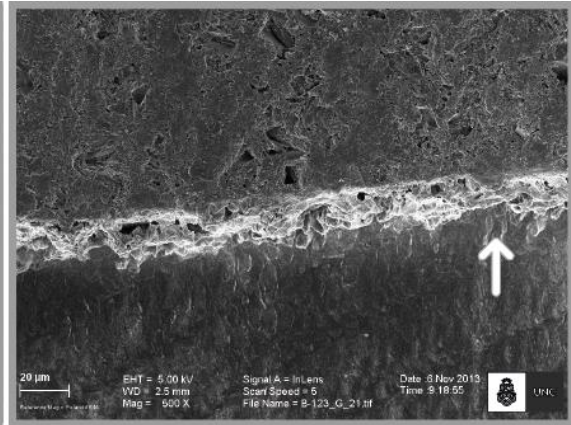


Figura 39. . Subgrupo B.1.2.3. Capa de unión del sistema adhesivo a esmalte aprismático y a la resina. Nótese la presencia de tags en el esmalte, algunos discontinuos atribuidos a la sección diagonal del corte.

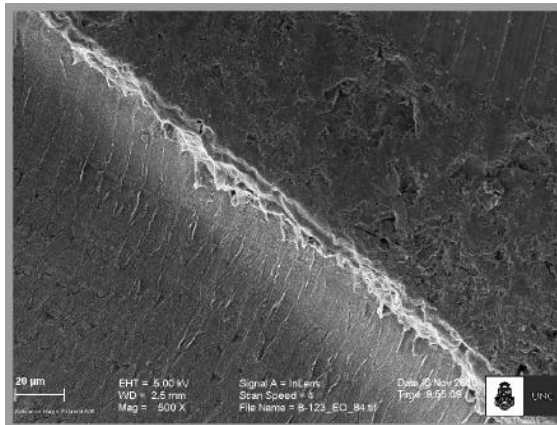


Figura 40. . Subgrupo B.1.2.3. Zona media de observación. Capa de unión de espesor uniforme del sistema adhesivo al esmalte aprismático y a la resina.

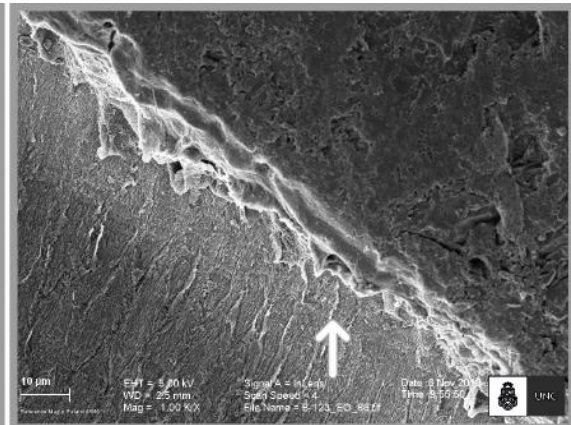


Figura 41. Subgrupo B.1.2.3. A mayor aumento se observa la penetración del adhesivo en el esmalte y la dirección del corte en diagonal determinarían que se muestren seccionados los tags.

## Subgrupo B.2

**Subgrupo B.2:** ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos + primer MIP Transbond™+ Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT

Las muestras analizadas en los distintos puntos de observación mostraron al igual que el subgrupo B.1 una capa de unión continua, uniforme, sin hiatos de desadaptación tanto a la estructura adamantina como a la resina compuesta y ésta a la plataforma de unión del brackets. Destacando la presencia y profundidad de tags de penetración en la capa superficial del esmalte.

### Subgrupo B.2.2.1.: Corte longitudinal en sentido vestibulo-palatino

Las muestras acondicionadas con ácido fosfórico al 37% durante 30 segundos, mostraron al exámen microscópico características similares a las del subgrupo 1.2.1. observándose también uniformidad en el espesor de la capa de adhesivo, presencia de tags de penetración en el esmalte y adaptación tanto al esmalte aprismático como a la resina compuesta Transbond™ XT. (Figuras 42, 43, 44 y 45)

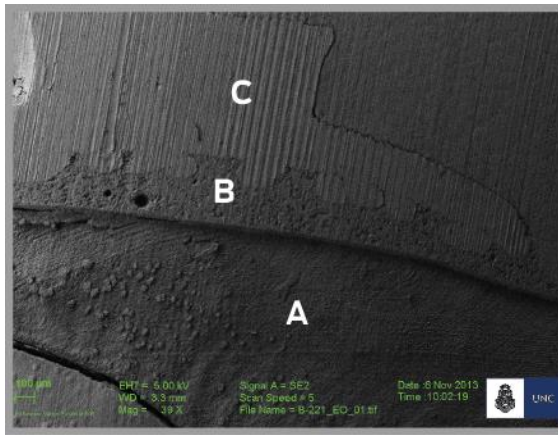


Figura 42. Subgrupo B.2.2.1. Unión esmalte (A), resina (B) y adaptación resina, plataforma del brackets (C) zona oclusal de observación.

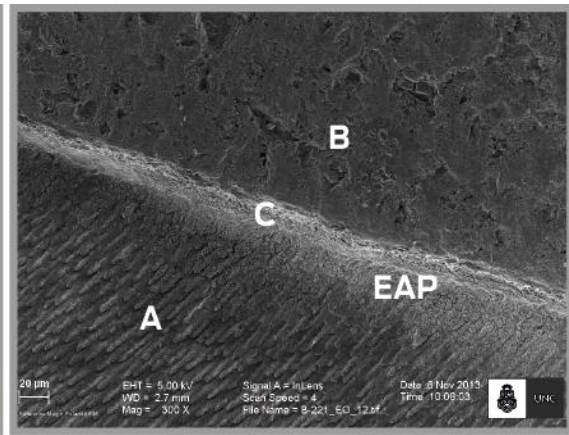


Figura 43. Subgrupo B.2.2.1. Zona Media. Capa de unión del adhesivo (C) a esmalte (A) y resina (B). Se observa el espesor uniforme de la capa del adhesivo y ausencia de hiatos de desadaptación a la capa aprismática (EAP).

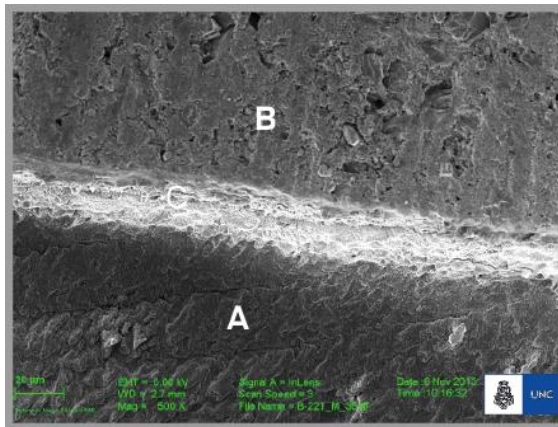


Figura 44. Subgrupo B.2.2.1. Adaptación del adhesivo (C) a esmalte (A) y resina (B). Es de notar la continua capa del adhesivo con tags de penetración en el esmalte.

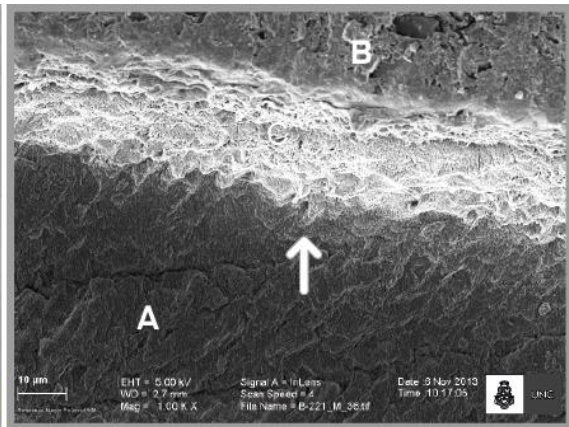


Figura 45. Subgrupo B.2.2.1. A mayor aumento se observa la unión del adhesivo (C) a la resina (B) y los tags de penetración a esmalte (A).

### Subgrupo B.2.2.2.: Corte transversal

Cuando las muestras fueron acondicionadas con el ácido fosfórico durante 30 segundos y seccionadas transversalmente mostraron, al igual que en las del subgrupo 1.2.2, características similares de la capa de unión en cuanto a continuidad, espesor uniforme y correcta adaptación tanto a esmalte como a la resina compuesta. No se observaron tags de penetración en el esmalte, por la dirección de corte. También se visualizó la correcta adaptación de la resina Transbond™ XT a la plataforma del brackets. (Figuras 46, 47, 48 y 49)

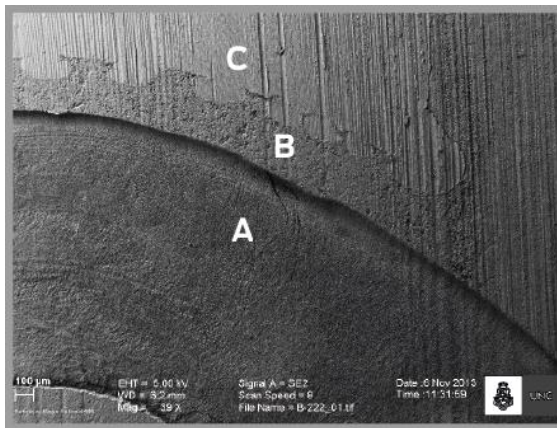


Figura 46. Subgrupo B.2.2.2. Corte transversal. Zona distal y media de observación. Se aprecia la correcta adaptación a esmalte (A) y brackets (C) de la resina (B).

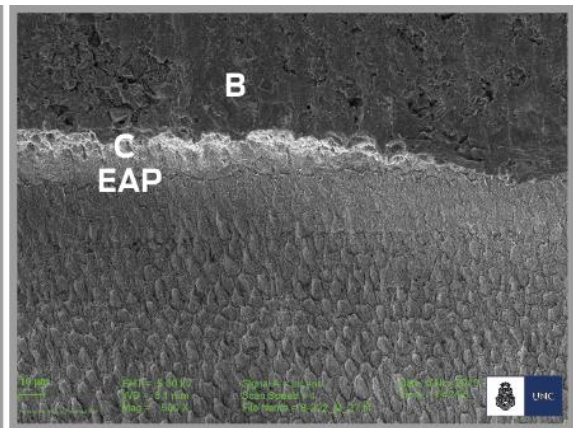


Figura 47. Subgrupo B.2.2.2. Zona distal de observación. A mayor aumento la adaptación al esmalte (EAP) y resina (B) de la capa de adhesivo (C).

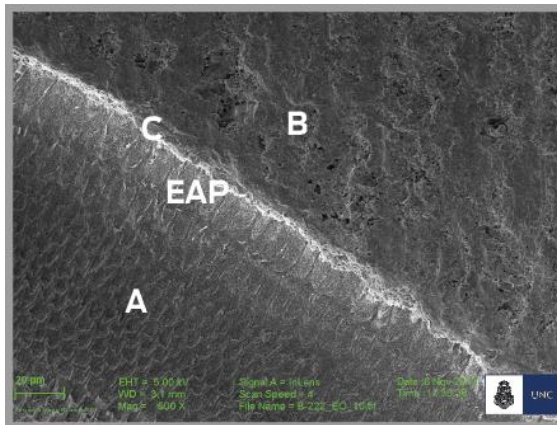


Figura 48. Subgrupo B.2.2.2. Se muestra en esmalte (A) las varillas que van disminuyendo hacia la superficie para constituir el esmalte aprismático (EAP). En (C) la capa de adhesivo sin desadaptación en la unión a esmalte y resina (B).

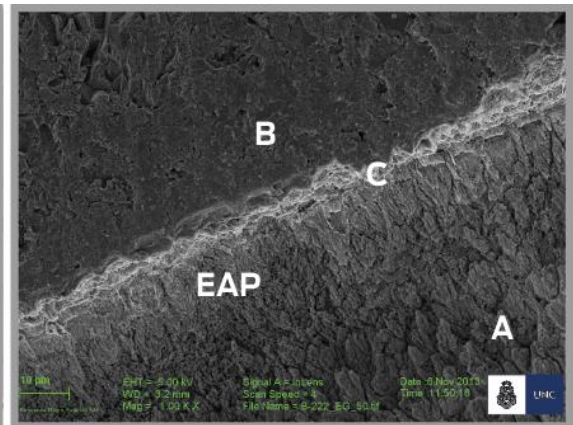


Figura 49. Zona mesial de observación. La capa de adhesivo (C) no presenta hiatos en la unión a esmalte (EAP) ni a resina compuesta (C). Por la dirección del corte no se observan los tags de penetración del adhesivo.

### Subgrupo B.2.2.3.: Corte diagonal

Las muestras acondicionadas con ácido fosfórico al 37% durante 30 segundos y seccionadas en diagonal mostraron, al igual que en los cortes anteriores, una capa de unión continua y de espesor uniforme tanto en la unión esmalte - adhesivo - medio cementante - brackets. Se observó la presencia de tags en el esmalte, algunos discontinuos atribuidos posiblemente a la sección diagonal del corte. (Figuras 50, 51, 52 y 53)

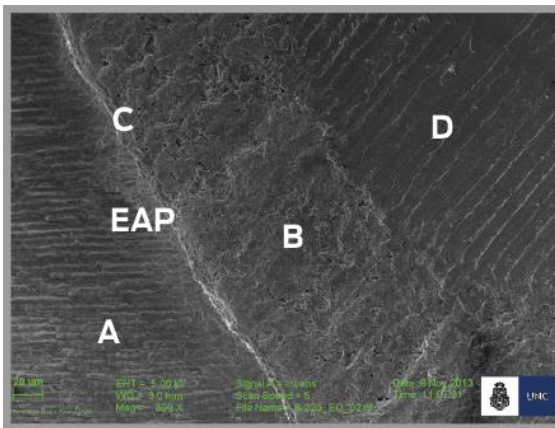


Figura 50. Subgrupo B.2.2.3. Zona oclusal. Se muestra la adaptación de la capa del adhesivo (C) a la capa aprismática del esmalte (EAP) ya la resina compuesta (B). No se observan hiatos entre éste y la plataforma del brackets (D).

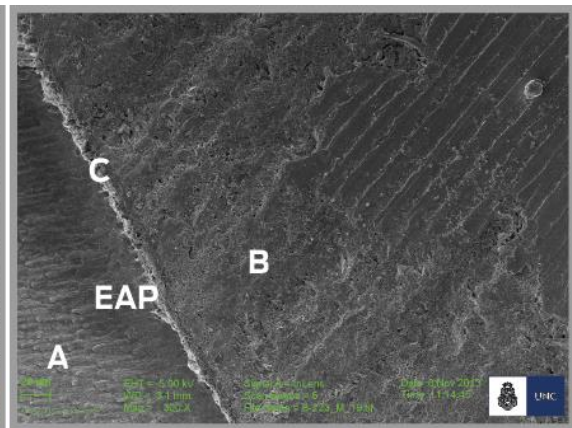


Figura 51. Subgrupo B.2.2.3. Zona media de observación: unión a esmalte aprismático (EAP) del sistema adhesivo (C) y la resina (B).

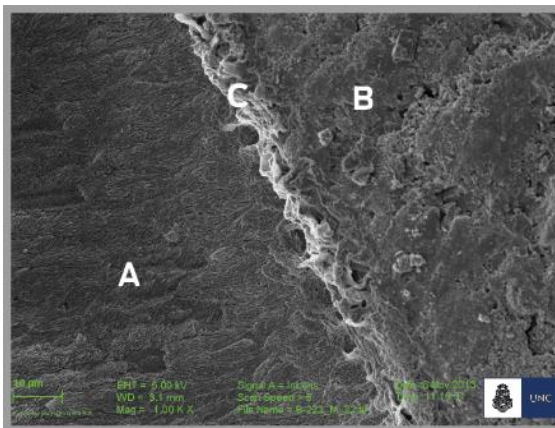


Figura 52. Subgrupo B.2.2.3. A mayor aumento se visualiza continuidad de la capa de adhesivo (C) y presencia de tags de menor longitud. Es de notar la dirección de las varillas del esmalte (A) en esta dirección de corte y la homogeneidad de la resina (B).

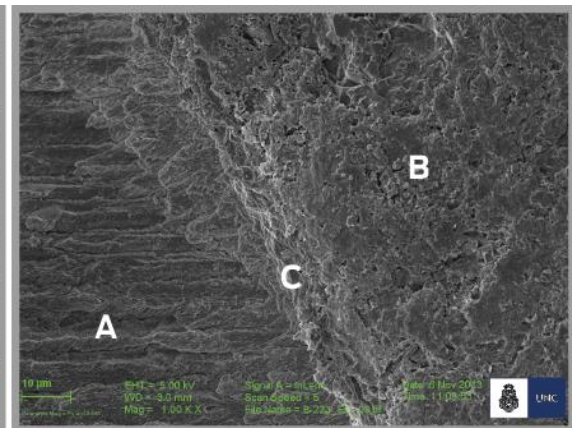


Figura 53. Subgrupo B.2.2.3. Corte diagonal. Zona media de observación: unión del sistema adhesivo: esmalte (A) - adhesivo (C) -resina compuesta (B).



### Subgrupo B.3

**Subgrupo B.3:** sistema de imprimador autograbante SEP Transbond™ + Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT.

En las muestras examinadas en las que se aplicó imprimador autograbante se pudo observar que la capa de unión es continua y adaptada a esmalte y a la resina compuesta. Es de destacar que en las tres direcciones de corte se observó menor espesor de la capa de adhesivo, escasos tags de penetración a esmalte comparados con las imágenes de los grupos B.1 y B.2.

#### Subgrupo B.3.2.1.: Corte longitudinal en sentido vestibulo-palatino

Se observa en las muestras tratadas con autograbante y en corte longitudinal, una delgada y continua capa de unión entre esmalte y adhesivo, destacando una menor penetración del mismo con escasa frecuencia de tags. (Figuras 54, 55, 56 y 57)

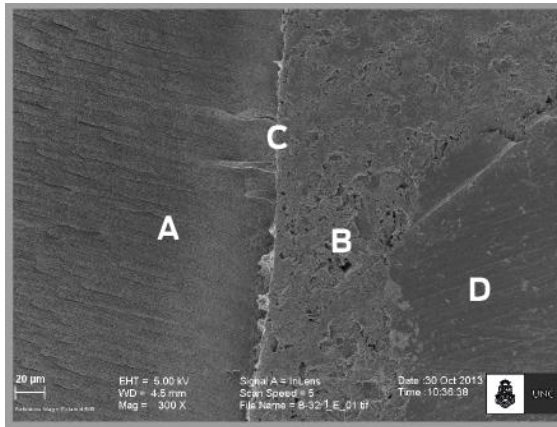


Figura 54. Subgrupo B.3.2.1. Zona media. Esmalte (A), capa del adhesivo autograbante (C), resina compuesta (B) y brackets (D).

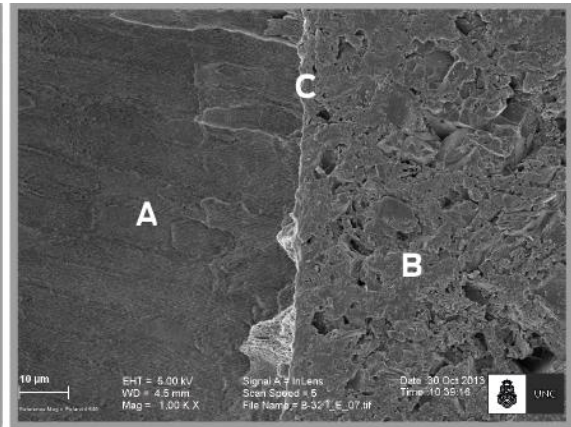


Figura 55. Subgrupo B.3.2.1. A mayor aumento. Es de notar las características de la delgada capa que forma el adhesivo autograbante (C) en el esmalte (A) y la resina compuesta (B).

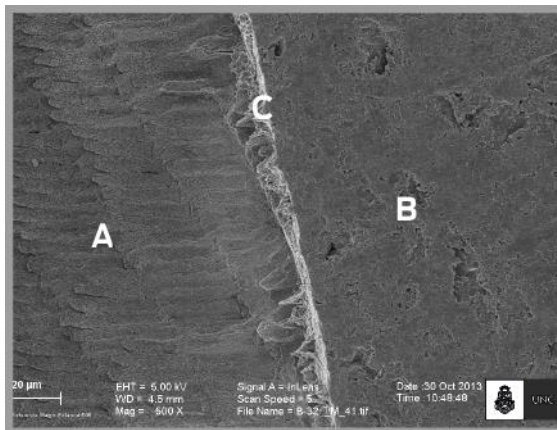


Figura 56. Subgrupo B.3.2.1. Zona oclusal. (A) esmalte y (B) resina compuesta. Presenta la capa de adhesivo autograbante (C) con menor espesor que la observada en los grupos B.1 y B.2.

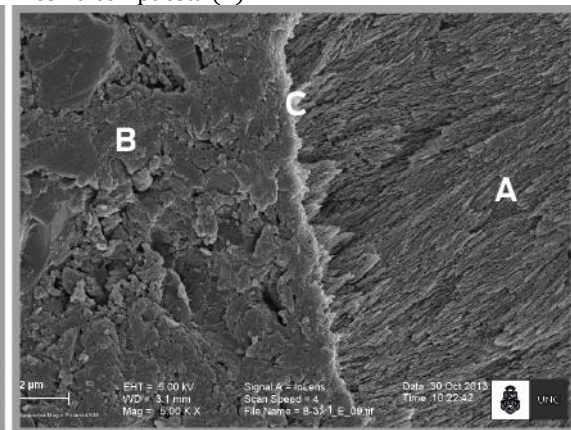


Figura 57. Subgrupo B.3.2.1. A mayor magnitud se observa la unión del imprimador autograbante (C) a esmalte (A) y a la resina (B)

### Subgrupo B.3.2.2.: Corte transversal

En las muestras tratadas con autograbador y examinadas en corte transversal se pudo observar una delgada capa de unión que es continua y esta correctamente adaptada a esmalte y a resina compuesta de fotocurado. (Figuras 58, 59, 60 y 61)

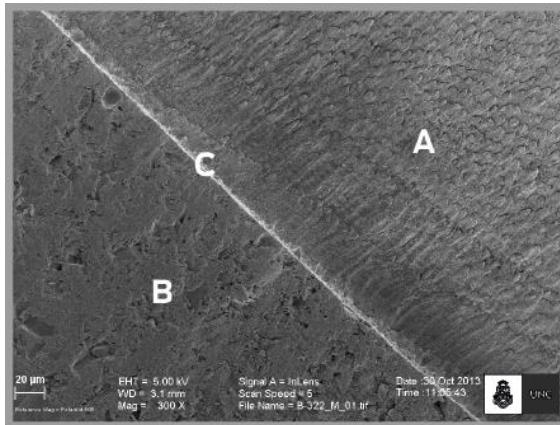


Figura 58. Subgrupo B.3.2.2. Se observa la capa de adhesivo autograbante, sin solución de continuidad y espesor uniforme (C) unida a esmalte (A) y a resina compuesta (B). En la zona más profundas del esmalte se observan los prismas con su característica forma de escama de pescado.

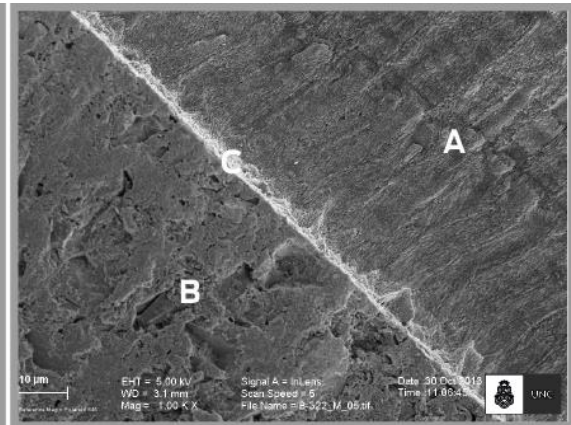


Figura 59. Subgrupo B.3.2.2. A mayor aumento. Nótese la zona superficial del esmalte (A) sin estructura prismática definida, y la unión de la capa de adhesivo (C) con la de resina compuesta (B).

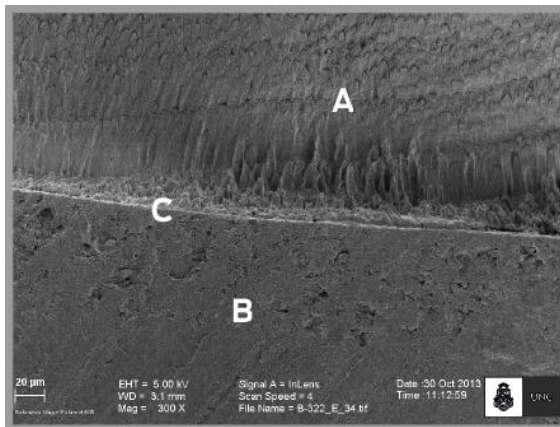


Figura 60. Subgrupo B.3.2.2. Zona media de observación. Esmalte (A), capa de adhesivo autograbante (C) y resina compuesta de fotocurado (B).

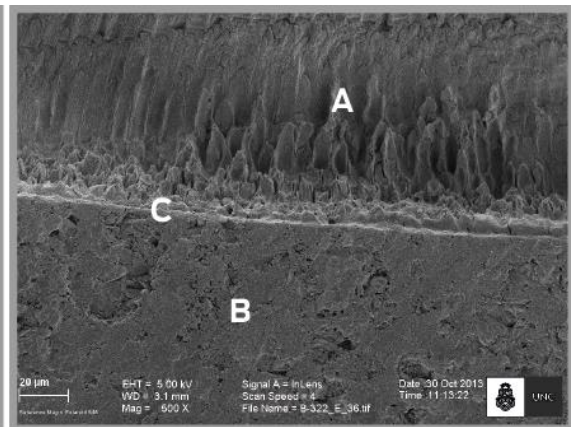


Figura 61. Subgrupo B.3.2.2. Zona media de observación. A mayor aumento. Se observa la unión de la capa de adhesivo autograbador (C) a esmalte (A) y a resina compuesta (B).

### Subgrupo B.3.2.3.: Corte diagonal

En las muestras acondicionadas con imprimador autograbante y seccionadas en diagonal, se observó al igual que en los cortes anteriores, una delgada capa de unión, continua y adaptada a esmalte y a la resina compuesta. (Figuras 62, 63, 64 y 65)

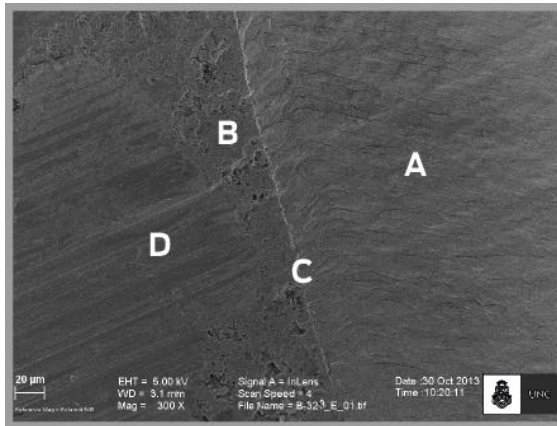


Figura 62. Subgrupo B.3.2.3. Zona gingival, corte diagonal. Se observa el esmalte (A), la capa de adhesivo autograbante (C) y la resina compuesta (B) correctamente adaptada a la base del brackets (D).

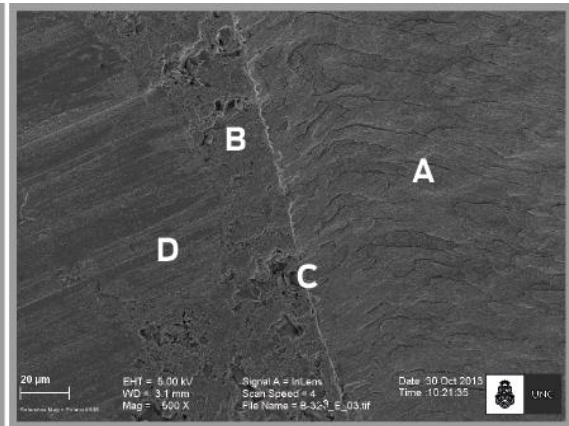


Figura 63. Subgrupo B.3.2.3. Zona gingival a mas aumento. Se observa el esmalte (A) con varillas adamantinas alargadas, paralelas y entrelazadas entre sí. La capa de adhesivo autograbante (C) y la resina compuesta (B) correctamente adaptada a la base del brackets (D).

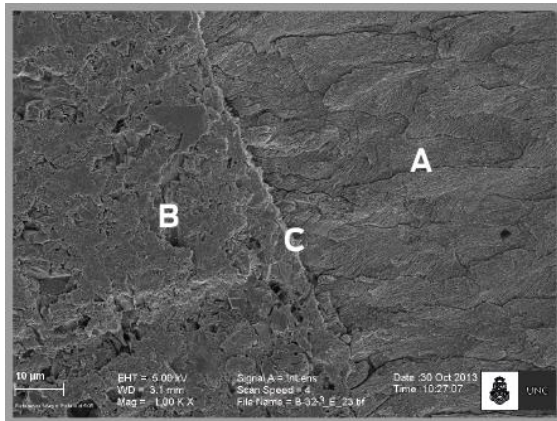


Figura 64. Subgrupo B.3.2.3. Zona oclusal del corte diagonal. Es de notar la uniformidad y el menor espesor de la capa de adhesivo autograbante (C) y la adaptación al esmalte (A) y resina (B).

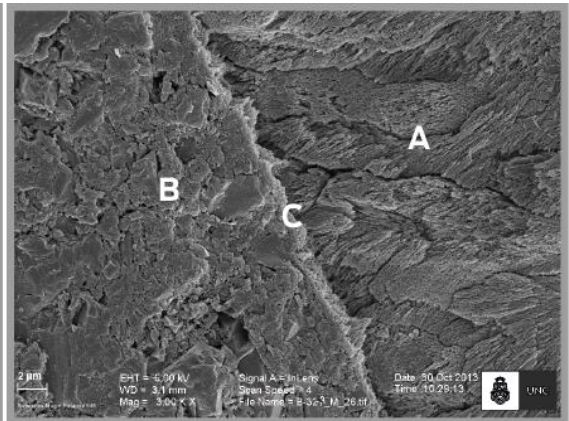


Figura 65. Subgrupo B.3.2.3. Zona oclusal a mayor aumento. Se observa la estructura del esmalte (A), la resina (B) y la ausencia de hiatos del adhesivo (C).

## DISCUSIÓN

Numerosos estudios han sido realizados con el objeto de encontrar el patrón ideal para adherir aditamentos “ortodónticos” a los elementos dentarios permitiendo una fijación suficiente para realizar la corrección de la posición, no provocar daños en la superficie adamantina, disminuir tiempo clínico y molestias al paciente.

Es importante destacar que en este estudio se prestó especial atención a las técnicas de adhesión de los brackets metálicos, siendo este aspecto de gran relevancia, ya que se fabricó un aparato especial para estandarizar el cementado en cuanto a la posición del brackets en el centro de la corona clínica y a la aproximación de la plataforma del brackets con la cara vestibular del diente, a los fines de conseguir un protocolo de cementado uniforme en las muestras de los tres grupos estudiados. En la literatura consultada no se encontró descripción de trabajos que utilicen dispositivos con este objetivo.

### Resistencia adhesiva

En la búsqueda de un agente adhesivo que: disminuya los pasos operativos, el tiempo clínico y proporcione una alta fuerza de unión al esmalte con mínima alteración del tejido, destacando que deberá ser removido al terminar su función, nace el interés de estudiar y comparar el comportamiento de sistemas adhesivos con grabado ácido tradicional y los de autograbado.

En este estudio, para comparar los valores de adhesión se optó por prueba de cizallamiento aplicando presión en sentido ocluso apical, que según numerosos trabajos es la prueba más indicada para medir la eficacia adhesiva esmalte-aditamento ortodóntico (Bishara, 1990; Retief, 1991; Anusavice, 2004; Lobato Carreño y col., 2015). Para cuantificar las tensiones a la que fueron desplazados, se analizó la resistencia adhesiva al corte de los materiales cementantes en ortodoncia, concordando con investigaciones previas, reportado sus resultados en MPa. (Fuentes, 2002; Hobson y McCabe, 2002; Caballero Pachón y col., 2011)

Reynolds (1975) estimó la fuerza de adhesión necesaria para los aparatos fijos de ortodoncia en 60-80 Kg (5.88-7.84 MPa), aunque se han registrado éxitos clínicos con materiales de adhesión que mostraban “*in vitro*” resistencias al descementado de aproximadamente 50 Kg fuerza (4.9 MPa).

Esto coincide con la resistencia al desprendimiento, clínicamente adecuada, manifestada en la literatura según Newman (2001) con valores de 5 a 9 MPa.

Investigaciones previas concluyeron que valores por encima de 20 MPa pueden causar daños irreversibles a la estructura adamantina en el momento de su remoción al finalizar el tratamiento de ortodoncia. (Reynolds, 1975; Pickett y col., 2001; Caballero Pachón y col., 2011)

Los valores de fuerza adhesiva obtenidos por los tres grupos evaluados en este estudio superaron los valores mínimos sugeridos por Reynolds (1975) y Newman (2001) para obtener adhesiones clínicamente eficaces en ortodoncia.

El tratamiento químico del esmalte efectuado por medio del grabado ácido causa la modificación de la superficie del esmalte, originalmente lisa, brillante y pulida a opaca y micro estructuralmente porosa. Esta modificación ha dado como resultado el incremento de la adhesión entre la superficie del esmalte tratado y las resinas elevando la energía superficial a más del doble de la que tiene el esmalte sin grabar. (Espinosa y col., 2014)

Con el paso del tiempo y basado en múltiples investigaciones se ha reducido la concentración y tiempo de aplicación. La mayoría de los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas utilizando ácido fosfórico en concentraciones entre 30% y 40% aplicado entre 15 y 60 segundos, obteniendo una morfología superficial similar con iguales propiedades retentivas, fuerte adhesión y resistencia a la micro filtración. (Goes y col., 1998; Nocchi, 2007)

Flores Yañez y col. (2009) publican que al aplicar concentraciones de ácido fosfórico entre el 35-50% y de 15 a 45 segundos son los rangos donde se encuentran las condiciones clínicas favorables de la superficie dental para recibir el material de restauración.

Barkmeier y col. (2009) restringen aún más el tiempo de acción del ácido fosfórico al 37% indicando que, cuando se varían los tiempos de grabado de 15 a 30 segundos es menor la pérdida del esmalte, logrando la misma superficie rugosa y fuerzas de unión equivalentes e incluso mejores a las logradas con 60 segundos de acondicionamiento. Similares conclusiones expone Suarez y col. (2010) al disminuir el tiempo de aplicación del medio ácido.

Estos resultados son coincidentes con los observados en este trabajo donde no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de premolares acondicionados con ácido ortofosfórico al 37% aplicado durante 15 segundo y el grupo donde se utilizó por 30 segundo ya que la fuerza de adhesión conseguida es similar y óptima para el cementado de brackets y aditamentos al esmalte dental.

Años atrás, se introdujeron en el mercado los adhesivos de autograbado para uso ortodóntico, éstos han venido sustituyendo a la técnica de grabado ácido convencional con ácido fosfórico al 37%. Los sistemas de autograbado, son una

alternativa más conservadora en la práctica ortodóntica, porque reducen la desmineralización del esmalte y disminuyen el tiempo clínico, ya que se trata de una mezcla de ácido e imprimador que se aplica en un sólo paso y no requiere lavado, reduciendo el riesgo de contaminación con saliva.

Todas estas características han incrementado de manera importante el uso de estos sistemas de autograbado, ya que presentan ventajas tanto para el paciente como para el clínico. (Scougall Vilchis, 2008; Berasategi, 2011; Aguilar Ellis y col., 2013)

Existe cierta controversia entre los distintos autores sobre los resultados obtenidos al comparar valores de resistencia adhesiva entre grabado ácido tradicional con ácido fosfórico y agentes autograbadores en el cementado de brackets.

Hara y col. (1999) consideran que la capacidad de grabado de los sistemas autograbantes influye sobre la resistencia adhesiva, lo cual se traduce en valores inferiores al ser comparados con los sistemas adhesivos de grabado total e infieren que, esto puede ser debido a la baja acidez usualmente presentada por estos materiales de autograbado.

Rueggeberg y col. (2000) compararon la fuerza de retención de brackets utilizando un tratamiento convencional y un sistema de adhesión de autograbado. Usaron incisivos de bovino y el esmalte fue tratado con: grupo I tratamiento convencional: ácido grabador, enjuague, secado y colocación de la resina para el cementado sobre el brackets; en el grupo II: autograbador con 15 segundos de aplicación sobre el esmalte, secado y posteriormente la colocación de la resina sobre el brackets y el grupo III: se grabó la superficie con ácido fosfórico, enjuague, secado y aplicación de autograbador, así como la colocación de la resina sobre el brackets. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los tres grupos.

Bishara y col. (2001) y Aljubouri y col. (2003) encontraron valores de adhesión significativamente menores en las muestras obtenidas con autocondicionantes comparándolas con las obtenidas con acondicionamiento tradicional con grabado ácido fosfórico; no considerando conveniente el uso de autograbantes para el cementado de brackets.

Van Meerbeek y col. (2003) describen que si bien los autocondicionantes son más sencillos de usar por que disminuyen los tiempos clínicos, su rendimiento adhesivo es menor que la de los adhesivos de varios pasos, debido principalmente a la menor fuerza de adherencia y durabilidad.

Otros autores manifiestan encontrar fuerzas adhesivas menores al aplicar autoacondicionantes comparados con acondicionamiento tradicional, pero explican, que son aceptables como elección clínica para el cementado de aditamentos

ortodóncicos haciendo referencia a las ventajas de este sistema en cuanto a disminución de pasos clínicos y menor descalcificación del esmalte. (Murfitt y col., 2006; Kitayama y col., 2007; Scougall Vilchis y col., 2009)

En referencia al adhesivo de autograbado, López Fernández y col. (2004), definen las fuerzas de cizallamiento necesarias para el descementado de brackets metálicos con malla, valores promedio de resistencia adhesiva de 7,65 MPa.

Vicente Hernández y Bravo González (2005) consiguieron tensiones de 12,2 MPa y 14,3 MPa sometiendo las muestras a pruebas variando el tiempo transcurrido entre el cementado y el cizallamiento de las muestras a 24 horas.

Cal Neto y col. (2006) cementaron brackets sobre premolares que serían extraídos por indicación ortodóncica, y tras tenerlos en boca un mínimo de 30 días, se estudió *in vitro* su resistencia a las fuerzas de cizallamiento con una máquina universal de ensayos, observando que no existían diferencias significativas entre el sistema tradicional y el autograbante.

Turk y col. (2007) relatan, además, un significativo aumento en la fuerza de adhesión de los materiales con respecto al descementado luego del paso de las horas.

Scougall Vilchis (2010) hace una revisión sobre adhesivos autograbantes, expresando que no existe agente de autograbado que supere la resistencia al descementado de los anclajes ortodóncicos adheridos después de grabar el esmalte con ácido fosfórico. Así mismo, respalda que el agente de autograbado que no afecta la resistencia adhesiva de manera significativa es Transbond Plus SEP (Unitek, 3M). Concluye, que las indicaciones para utilizar agentes de autograbado se ha incrementado de manera importante como resultado de los avances científicos y tecnológicos en los materiales de adhesión.

Los datos concuerdan con los encontrados por Nicolás Silventi (2010) quien concluye que los autocondicionantes proporcionaron una fuerza adhesiva comparable a la técnica de grabado ácido cuando un brackets nuevo fue cementado y descementado hasta tres veces en un mismo diente.

Abdel y Al-Wakeel (2010) obtuvieron fuerzas de adhesión de 10,6 Mpa.

Estos resultados son similares a los referidos en la revisión y meta-análisis de Fleming y col. (2012) y por los publicados por González Costa Muñoz (2013) expresando que la fuerza de adhesión conseguida con los adhesivos de autograbado es similar a la obtenida con adhesivos de grabado convencional.

Igual resultado alcanzan Rodríguez Chavez y col. (2013) donde los resultados indican que no hay diferencias estadísticamente significativas de la fuerza al desprendimiento a 60 minutos y 24 horas de fijados los brackets, utilizando SEP; Transbond™ y Transbond™ MIP por método convencional como sistemas adhesivos.

En este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de adhesión entre los tres grupos tratados. Obteniendo con acondicionamiento tradicional usando ácido fosfórico al 37 % aplicado durante 15 segundos valores de resistencia adhesiva de 18,5 MPa, grabando durante 30 segundos se registraron 18,2 MPa y en los que se aplicó el imprimador autograbante SEP 18.7 MPa.

### **Índice Adhesivo Remanente (ARI)**

El ARI descrito por Artun y Bergland (1984) es un índice muy usado por los investigadores para evaluar la cantidad de adhesivo residual que queda luego de despegar brackets del esmalte dental. (Lobato Carreño y col., 2015)

A menudo es un parámetro que presenta ciertas dificultades pero su interpretación adquiere un valor importante, ya que si bien las pruebas de este estudio son *in vitro*, permiten hacer una traspolación directa con la realidad clínica con respecto a diferenciar las fallas en la adhesión de aditamentos usados durante los tratamientos de ortodoncia.

Es importante resaltar que para la medición del ARI no se tuvo en cuenta ningún exceso de adhesivo retenido alrededor del brackets, es decir por fuera de la base del brackets, coincidiendo con O'Brien y col. (1988).

Vicente Hernández y Bravo González (2005) detectan una mínima diferencia estadísticamente significativa en cuanto al índice de adhesivo remanente en el descementado a los siete días, del que se obtuvo una media menor en el caso de los adhesivos autograbantes frente al de los de grabado convencional.

Al analizar publicaciones, como las de Kitayama y col. (2007) y Amm y col. (2008), los autores infieren que cuando se utilizan como método de acondicionamiento del esmalte un adhesivo autograbador produce con más frecuencia el fallo en la adhesión en la interfase adhesivo/diente. Mientras que al usar como medio grabador el sistema tradicional mediante la aplicación de ácido, el fallo adhesivo aparece con mas frecuencia en la interfase resina-brackets.

Scougall Vilchis y col. (2008) no encontraron diferencias estadísticas significativas de la puntuación del ARI entre los grupos tratados con ácido y autograbadores.

Conclusiones similares hace González Costa Muñoz (2013) al obtener valores de ARI similares para los adhesivos de autograbado que para los adhesivos de grabado convencional, detectando diferencias estadísticamente significativas al comparar medias del ARI en grupos que variaron el tiempo transcurrido hasta el



descementado (siete días -168 horas tras la polimerización) en el que se reportaron valores menores para los adhesivos de autograbado.

Contero-Rosero y col. (2016) explican que las técnicas usadas en la clínica para retirar los brackets en forma segura se enfocan, principalmente, en fracturar la unión brackets-adhesivo, más que la unión adhesivo-esmalte; por consiguiente, la mayoría de los adhesivos quedan en la superficie de los dientes y deben ser pulidos con mucha delicadeza y cuidado del esmalte, para evitar la decoloración y retención de biopelícula por causa del adhesivo residual. (Valleta y col., 2007)

Por lo tanto se deduce que sería clínicamente mas inocuo un adhesivo que deje poco remanente en el esmalte sin dañarlo al desprenderse el aditamento ortodóncico. (Vargas Moreno, 2015)

En esta investigación, las mediciones de área ocupada por el adhesivo residual sobre el esmalte dental tras ser descementados los brackets, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres patrones de acondicionamiento utilizados; quedando en promedio menos del 10% de adhesivo residual en el esmalte dental, el cual resulta clínicamente conveniente, ya que es fácil de remover al terminar el tratamiento.

### **Microscopía Electrónica de Barrido**

La observación del esmalte dental con microscopio electrónico de barrido (MEB) permite estudiar estructuras dentales sanas y experimentalmente tratadas, ya que revelan la morfología estructural - topográfica y subsuperficial con una profundidad de campo aceptable.

De las observaciones de las características estructurales de la zona superficial del esmalte, se constató variada presencia de capa aprismática, con distintos espesores, encontrándose algunas depresiones que corresponderían a la terminación de prismas adamantinos, como ha sido descrito por otros autores. (Tormo y col., 1986 , Abramovich, 1999, Gomez de Ferraris y Campos, 2002)

En cuanto a la observación de la zona prismática del esmalte dental, cuando los especímenes fueron observados con dirección de corte longitudinal en sentido vestíbulo-palatino, los prismas se mostraron alargados y paralelos entre sí para ir desapareciendo a medida que se acercan a la superficie, coincidiendo con la mayoría de los autores. En muestras de cortes transversales las varillas presentaron una amplia variabilidad morfológica visualizándolos en forma de ojo de cerradura antigua, de escama de pescado, hexagonal u ovalada. Se disponen en hileras o en su característico empaquetamiento de cabezas y colas y van desapareciendo a medida

que se acercan a la superficie para constituir el esmalte aprismático. Cuando el prisma presenta forma de ojo de cerradura se observa que la cola de un prisma está situada entre las cabezas de dos prismas inferiores tal como lo describen la mayoría de las publicaciones. (Bhaskar, 1986; Gomez de Ferraris y Campos, 2002; Goin y col., 2007)

En relación a la estructura del esmalte en muestras seccionadas diagonalmente el campo microscópico permite observar la presencia de la capa aprismática y las varillas con una forma alargada y relacionadas entre sí, con aspecto de una interdigitación. Hay pocas publicaciones que describan la estructura adamantina en esta dirección de corte y algunos trabajos como el de Durso y Abal (2008) hablan del estudio del esmalte en corte tangencial pero no describen la morfología encontrada.

En este estudio descriptivo se analizó también el espesor, la adaptación y la presencia de hiatos de desadaptación de la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets en cortes en sentido longitudinal (vestíbulo-palatino), transversal y diagonal en relación al eje largo del diente de muestras obtenidas, aplicando tres patrones de acondicionamiento: con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 s y 30 s respectivamente mas imprimador y sistema imprimador autograbadador.

Legler y col. (1989) reportaron que había una relación entre la profundidad de penetración de la resina y las fuerzas de resistencia a la tracción en el esmalte, siendo débil si los tags de resina no penetran lo suficiente el esmalte tratado.

De acuerdo a Van Meerbeek y col. (2000) el mecanismo de adhesión de los adhesivos de autograbado es menos agresivo que aquellos que utilizan la técnica de grabado ácido convencional, gracias a la interacción química entre la hidroxiapatita y el monómero, mejorando significativamente la resistencia adhesiva.

Horiuch y col. (2009) tuvieron como objetivo comparar la acción y eficacia del patrón obtenido con sistema de autograbado y el de grabado con ácido fosfórico, para la fijación de aditamentos ortodóncicos a esmalte, bajo condiciones clínicas simuladas. Encontraron que, mientras el grabado ácido tradicional causó considerable desmineralización, tomados en conjunto, los sistemas de autograbado fueron más conservadores en cuanto a la desmineralización del tejido adamantino.

Estas observaciones concuerdan con las evidenciadas por Erickson y col. (2009) que informan que si bien aumentan notablemente la profundidad de penetración del adhesivo en los patrones de grabado ácido y lavado (técnica convencional) también están relacionados con una adecuada y mayor fuerza de adhesión. También destacan que con los sistemas de acondicionamiento de autograbado, si bien se observa una zona mas delgada de penetración, logran una

correcta adhesión con la ventaja clínica de la disminución de pasos operatorios y tiempo de consultorio.

Al observar los patrones de grabado obtenidos y la penetración del adhesivo en la microestructura cristalina del esmalte resulta evidente que al utilizar grabado ácido con ortofosfórico y lavado se produce una zona de mayor profundidad y penetración del adhesivo, siendo muy notoria en los espacios inter prismáticos. En comparación, el patrón obtenido con el procedimiento de autograbado revela una menor profundidad de penetración del adhesivo tanto en la estructura prismática como en los espacios aprismáticos.

Cuando la superficie adamantina fue acondicionada con ácido fosfórico durante 15 segundos las muestras analizadas en los distintos puntos de observación y en las tres direcciones de corte mostraron una capa de unión continua, uniforme, sin hiatos de desadaptación tanto a la estructura adamantina como a la resina compuesta y ésta a la plataforma de unión del brackets.

En las tres direcciones se visualizó la penetración del adhesivo en el esmalte, observando los tags en cortes longitudinales más extendidos que en los cortes transversales donde solo se mostraba el inicio de la prolongación. En muestras cortadas diagonalmente los tags se encontraban interrumpidos, discontinuos atribuidos posiblemente a la dirección del corte de la muestra.

En especímenes acondicionados con ácido fosfórico durante 30 segundos las imágenes microscópicas fueron similares a las obtenidas al acondicionar durante 15 segundos el esmalte.

En las muestras examinadas en las que se aplicó el imprimador autograbante se pudo observar que la capa de unión es continua y adaptada a esmalte y a la resina compuesta. Es de destacar que en las tres direcciones de corte se observó menor espesor de la capa de adhesivo, escasa presencia de tags de penetración a esmalte comparados con las imágenes de las muestras acondicionadas con ácido fosfórico.

En este estudio la observación en el microscopio electrónico de barrido (MEB) no se evidenció la presencia de hiatos de desadaptación en la capa de unión esmalte-adhesivo-agente cementante-brackets, en las tres direcciones investigadas (corte longitudinal, transversal y diagonal de la corona). Cabe recalcar también la uniformidad y adaptación, de ésta capa, confirmando que el agente imprimador y cementante así como el cuidado de todos los detalles en los pasos seguidos para fijar los aditamentos ortodónticos al esmalte dental con los materiales utilizados en esta investigación, favorecería un buen sellado marginal minimizando el ingreso de fluidos orales y bacterias. Además la mínima intervención del proceso de cementado con la

aplicación de adhesivos autograbadores como acondicionador del esmalte, disminuiría el grado de descalcificación del esmalte, acortando el tiempo clínico.

## CONCLUSIONES

- Los tres grupos de experimentación: B.1: ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos + primer MIP Transbond™+ Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT, B.2: ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos + primer MIP Transbond™+ Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT y B.3: sistema de imprimador auto grabante SEP Transbond™ + Resina compuesta de fotocurado Transbond™ XT; cementando brackets metálicos presentaron valores medios de resistencia adhesiva al corte, en sentido ocluso apical, por encima de la cifra que se ha considerado suficiente para la adhesión de brackets (4,9 MPa).
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia adhesiva al corte, aplicando fuerzas ocluso apicales, comparando: métodos de acondicionamiento del esmalte tradicional con ácido ortofosfórico al 37% variando el tiempo de aplicación durante 15 y 30 segundos respectivamente y sistema de imprimador autograbante SEP Transbond™.
- Al comparar porcentaje de área ocupada por adhesivo en el esmalte, a través del índice de adhesivo remanente ARI (Adhesive Remnant Index), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas comparando métodos de acondicionamiento del esmalte variando el tiempo de aplicación de ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos y 30 segundos respectivamente y sistema de imprimador autograbante SEP Transbond™.
- Al comparar porcentaje de área ocupado por adhesivo en el esmalte, a través del índice de adhesivo remanente ARI (Adhesive Remnant Index) de los tres métodos de acondicionamiento del esmalte estudiados, se encontró que, todos los grupos tuvieron mayoría de criterios 4 y 5; lo cual sería muy ventajoso a la hora de remover el adhesivo remanente, tras descementar los brackets, al finalizar el tratamiento ortodóntico.
- En las observaciones realizadas con MEB de las muestras tratadas con los tres patrones de acondicionamiento del esmalte, en cortes en sentido longitudinal (vestíbulo-palatino), transversal y diagonal, se visualizó una capa uniforme, continua y con correcta adaptación en la unión esmalte- adhesivo- agente cementante- brackets.
- En las observaciones realizadas con MEB en cortes en sentido longitudinal (vestíbulo-palatino) y diagonal, se aprecia que la capa de unión resultante usando patrones de acondicionamiento con grabado ácido con ortofosforico al 37% durante 15 y 30 segundos presentaron un mayor espesor y profundización; comparadas con la capa de unión resultante del sistema de imprimador autograbable SEP Transbond™ que tiene un espesor considerablemente menor. En las muestras seccionadas

transversalmente se visualiza el inicio de la prolongación pero con una longitud inferior a la observada en los otros cortes.

- La similitud de resultados obtenidos en los tres grupos de estudio podría obedecer al dispositivo utilizado para posicionar y presionar el brackets durante el cementado.

- Del análisis de la resistencia adhesiva al corte e índice de adhesivo remanente ARI, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los tres patrones de acondicionamiento utilizados. Además los resultados obtenidos de la observación con MEB de la unión esmalte- adhesivo- agente cementante- brackets en las tres direcciones de corte, permite concluir que tendrían similares resultados clínicos; destacando que el uso de imprimador autograbable disminuiría los pasos operatorios sobre todo el lavado y secado, con un menor grado de descalcificación del esmalte y acortando el tiempo clínico.

## *REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- Abdelnaby YL, Al-Wakeel EES (2010). Effect of early orthodontic force on shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 138: 208-214.
- Abramovich A (1999). *Histología y embriología dentaria*. Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires. 119-144.
- Adobes - Martín M (2004). Eficacia de los nuevos adhesivos autograbantes en el cementado de brackets. *REO.* 34(1): 29-34.
- Aguilar Ellis AG, Ferreto Gutiérrez I, Rodríguez Wong L, Cáceres Zapata H (2013). Fuerza de adhesión de un sistema adhesivo de uso de Ortodoncia aplicado en intervalos de tiempo. *Odovtos. Publicación Científica Facultad de Odontología. UCR.* 15:7-12
- Albaladejo A (2006). Actualización de la adhesión en ortodoncia I. *Ortod Clinica.* 9: 238-43.
- Albaladejo A, Montero J, Gómez de Diego R, López-Valverde A (2011). Effect of adhesive application prior to bracket bonding with flowable composites. *The Angle Orthodontist.* 81: 716-720.
- Aljoubouri YD, Millett D T, Gilmour W H (2003). Laboratory evaluation of a self-etching primer for orthodontic bonding. *European Journal of Orthodontics.* 25:411-415.
- Amm E, Hardan L, Bouserhal J, Glasi B, Ludwing B. Shear (2008). Bond strength of orthodontic brackets bonded with selfetching primer to intact and pre-conditioned human enamel. *J Orofac Orthop.* 69:383-392.
- Anusavice K (2004). *Phillips ciencia de los materiales dentales*. 11ª Edición. Barcelona: Elsevier. 382-386.
- Årtun J, Bergland S (1984). Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 85(4): 333- 340.
- Baca A, Bascones A (1998). *Ortodoncia Lingual. Tratado de Odontología*. Trigo Ediciones: Madrid. 2135-2149.
- Ballesteros-Pinzón C, Bermúdez-Lozano JA., Coronel-Corzo N, de-León-Goenaga E, Delgado LP, Báez-Quintero L (2011). Comparación de la fuerza de adhesión de brackets utilizando dos métodos de acondicionamiento para porcelana *Revista Nacional de Odontología. Colombia.* 7(13): 12-19.
- Baratieri LN (2001). *Odontología restauradora: Fundamentos e Possibilidades*. Quintessence. 83-128.
- Barkmeier WW, Erickson RL, Kimmes NS, y col. (2009). Efecto del tiempo de grabado del esmalte de la rugosidad y la resistencia de la unión. *Oper Dent.* 34 (2): 217-222.
- Berasategi L A (2011). *Sistemas Adhesivos Autograbantes*. Clínica Dental Donnay.5 - 6.
- Bhaskar SN (1986). *Histología y embriología bucal de Orban*. Buenos Aires. El Ateneo. 9ª edición .49-115.

- Bishara S, Truiove T (1990). Comparissons of different debonding techniques for ceramic brackets: An in vitro study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Ortopedics. 98 (2): 145-153.
- Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ (2001). Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 119:621-624.
- Buonocore MG (1995). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 34(6):849-53.
- Caballero Pachón AM, Bincos Uribe CA, Midori Tanaka Lozano E, Fernández Izquierdo JA, Rivera Barrero JR (2011). Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla entre dos cementos de resina para ortodoncia. Universitas Odontológica. 31-39.
- Cal Neto JP, Miguel JA , Zanella E (2006). Efecto de una imprimación de autograbado en la resistencia al cizallamiento de los adhesivos soportes recubiertos previamente in vivo. Angle Orthod. 76 (1): 127-31.
- Canut Brusola JA (2005). Ortodoncia clínica y terapéutica. Barcelona: Editorial Masson.
- Ciceri AL, Monroy JJ, Ardila G, Luna A, Rivera JR (2011). Comparación de la fuerza adhesiva y el tipo de falla de dos sistemas adhesivos para ortodoncia. Ustasalud . 10: 29 - 35.
- Contero-Rosero Meibol P, Proaño-Rodríguez AM, Cascante-Calderón MG (2016). Estado del esmalte dental después de retirar brackets y pulir el adhesivo residual a través de tres mecanismos, en premolares extraídos. Dom. Cien. Vol. II, núm. 1:18-29.
- Cova NJL (2004). Materiales de Obturación. En: "Biomateriales Dentales". Ed. AMOLCA. Venezuela. 149-309
- Cruz Estupiñán D (2014). Tecnologías modernas no invasivas en la ortodoncia. Invest Medicoquir. Enero-junio. 6(1):126-32.
- Dos Santos KT, Sundfeld RH, Garbin CA, de Alexandre RS, Sundefeld ML, Ceolim BN (2008). Lenght of resin tags in pit-and-fissure sealents: all-in-one self-etching adhesive vs phosphoric acid etching. The compendium of continuing educacion in dentristy. 29 (2): 186-192.
- Durso G, Abal A (2008). Variabilidad de la morfología de los prismas del esmalte dental humano. Acta Microscópica. 17:1-8.
- Elekdag-Turk S, Cakmak F, Isci D, Turk T (2008). 12-month self-ligating bracket failure rate with a self-etching primer. Angle Orthodontist. 78: 1095-1100.
- Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA (2009). The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. Dent Mater. 25:1459-67.
- Espinosa R, Valencia R, Rabelero M, Ceja I (2014). Resistencia al desprendimiento dela resina al esmalte desproteinizado y grabado: estudio de microtensión detachment resistance to resin and depotenized and etchenamel; microtensile study. Revista de Operatoria dental y biomateriales. 3:2. 2-5



- Faltermeier A, Behr M, Rosentritt M, Reicheneder C, Müßig D (2007). An in vitro comparative assessment of different enamel contaminants during bracket bonding. *Eur J Orthod.* 29(6): 559-63.
- Fleming PS, Johal A, Pandis N (2012). Self-etch primers and conventional acid-etch technique for orthodontic bonding: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 142(1): 83-94.
- Flores Yáñez C, Martínez Juárez J, Palma Guzmán M, Yáñez Santos J (2009). Análisis del Grabado Dental Utilizando el Microscopio Metalográfico y el Software AnalySIS. *Información tecnológica.* 20(2):13-18.
- Fuentes A (2002). Estudio comparativo in vitro de la fuerza de adhesión de un ionómero y dos resinas utilizadas para adherir brackets. Tesis Doctoral. Sistema de bibliotecas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Gardner A, Hobson R (2001). Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1:64-67.
- Gões MF, Sinhoreti MA, Consani S, Silva MA (1998). Morphological effect of the type, concentration and etching time of acid solutions on enamel and dentin surfaces. *Braz Dent J, Ribeirão Preto.* 3-10.
- Goin FJ, Durso G, Anselmino C, Batista S, Tanevitch A, Abal A (2007). Microestructura del esmalte dentario: definiciones y conceptos. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina* 95 (5): 393-398.
- Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A (2002). *Histología y embriología bucodental. Edición 2, reimpresión.* Editorial Médica Panamericana. 271-315.
- González-Costa Muñoz V (2013). Estudio comparativo "in vitro" de la eficacia en la adhesión de brackets a esmalte con adhesivos liberadores y no liberadores de flúor. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Graber **TM**, Vig **K**, Vanarsdall **RL** (2006). *Ortodoncia. Principios y técnicas actuales* 4ª y 5ª ed. Editorial: Elsevier, Barcelona. Cap 21. 727-784.
- Habib Castillo Z, Torre-Martínez HHH, Carrillo-González R, Menchaca-Flores PN (2015). Resistencia al desprendimiento de brackets cementados con la técnica directa e indirecta. *RME, [S.l.], Vol. I, N 1:* 22-26.
- Hara A, Amaral C, Pimenta L, Sinhoreti M (1999). Shear bond strength of hydrophilic adhesives to enamel. *Am J Dent.* 12:181-4.
- Herrera E (2005). Fracaso en la adhesión. *Av. Odontoestomatol.* 21-2: 63-69.
- Hobson RS, McCabe JF (2002). Relación entre las características de grabado del esmalte y resistencia de la unión resina-esmalte. *BDJ.* 192: 463 - 468.
- Horiuchi S, Kaneko K, Mori H, Kawakami E, Tsukahara T, Yamamoto K, Hamada K, Asaoka K, Tanaka E (2009). Esmalte unión de auto-grabado y fosfórico de grabado ácido y adhesivos de ortodoncia en condiciones clínicas simuladas: fuerza de desunión y la superficie del esmalte. *Dent Mater J.* 28 (4): 419-25.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - Guidance on testing of adhesion to tooth structure. ISO/ TC106/SC 1 n 236, resolution 61. - CD TR11405, December, 1994.

Kitayama S, Nikaido T, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J (2007). Enamel bonding of selfetch and phosphoric acid-etch orthodontic adhesive systems. *Dent Mater J.* 26(1): 135-143.

Legler LR, Retief DH, Bradley EL, Sadowsky PL (1989). Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on the shear bond strength of an orthodontic bonding resin to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 96:485-92.

Lobato Carreño M, Albaladejo A (2010). Tratamiento de superficies para una eficaz adhesión bracketcerámica y correcta conservación tras la retirada de aditamentos. *Ortod. Esp.* 50: 330-43.

Lobato Carreño M (2013). Estudio in vitro de los factores que influyen en la eficacia adhesiva del cementado de tubos y brackets. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.

Lobato Carreño M, Calama M, Montero MJ, Albaladejo Martínez A (2015). Método de investigación de la eficacia adhesiva bracket-esmalte mediante resistencia a la fuerza de cizalla. *REO.* 45 (1): 019-030.

López Fernández S, Palma Calero JM, Guerrero Ibarra J, Ballesteros Lozano M, Elorza Pérez H (2004). Fuerza de retención al esmalte con adhesivos usados en ortodoncia, utilizando dos tipos de base de brackets (estudio comparativo in vitro) *Revista Odontológica Mexicana.* Diciembre. 8 (4) : 122-126.

López Palacios E, Sáez Espínola G (2014). Propiedades físicas de cuatro adhesivos para brackets. Estudio comparativo *Physical properties of four bracket adhesives. A comparative study.* *Revista Mexicana de Ortodoncia.* Enero-Marzo. 2 (1): 32-37.

Martínez Muñoz VA (2013). Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resina compuesta fluida utilizada como sellante, aplicada con distintos sistemas adhesivos, convencional y autograbante con y sin grabado ácido previo del esmalte. Tesis Doctoral. Universidad de Chile.

McLaughlin R, Bennett JC (1995). Bracket placement with pre adjusted appliances. *J Clin. Orthod.* 29: 302-312.

Melendez Ruiz JL, Varela Ochoa R, Cueto Arvizu G, Mondragón Espinoza JD, Carrillo Palacios L, Coronado Alcalá E, García López E, Rojo Hurtado CM, Orozco Varela KA (2002). Evaluación del grabado del esmalte en piezas con ápice inmaduro y maduro utilizando ácido ortofosfórico al 37 % por medio de Microscopía Electrónica de Barrido. *Acta Odontológica Venezolana.* 40 (1): 26-30.

Miller RA (2008). The Laboratory and Clinical Evaluation of a New 6th Generation Self-Etching Primer in Orthodontics, *JCO* (informe preliminar). 54: 346.

Mojica J, Ortega C, Ramirez J, Vargas C, Bastidas C (2007). Fuerza de adhesión de brackets descontaminados en su base con monómero, silano o acetona. *Revista de la Facultad de Odontología UCC.* Números 4 y 5. 9-17.

Murfitt PG, Quick AN, Swain MV, Herbison GP (2006). A randomised clinical trial to investigate bond failure rates using a self-etching primer. *Eur J Orthod.* 28:444-9.

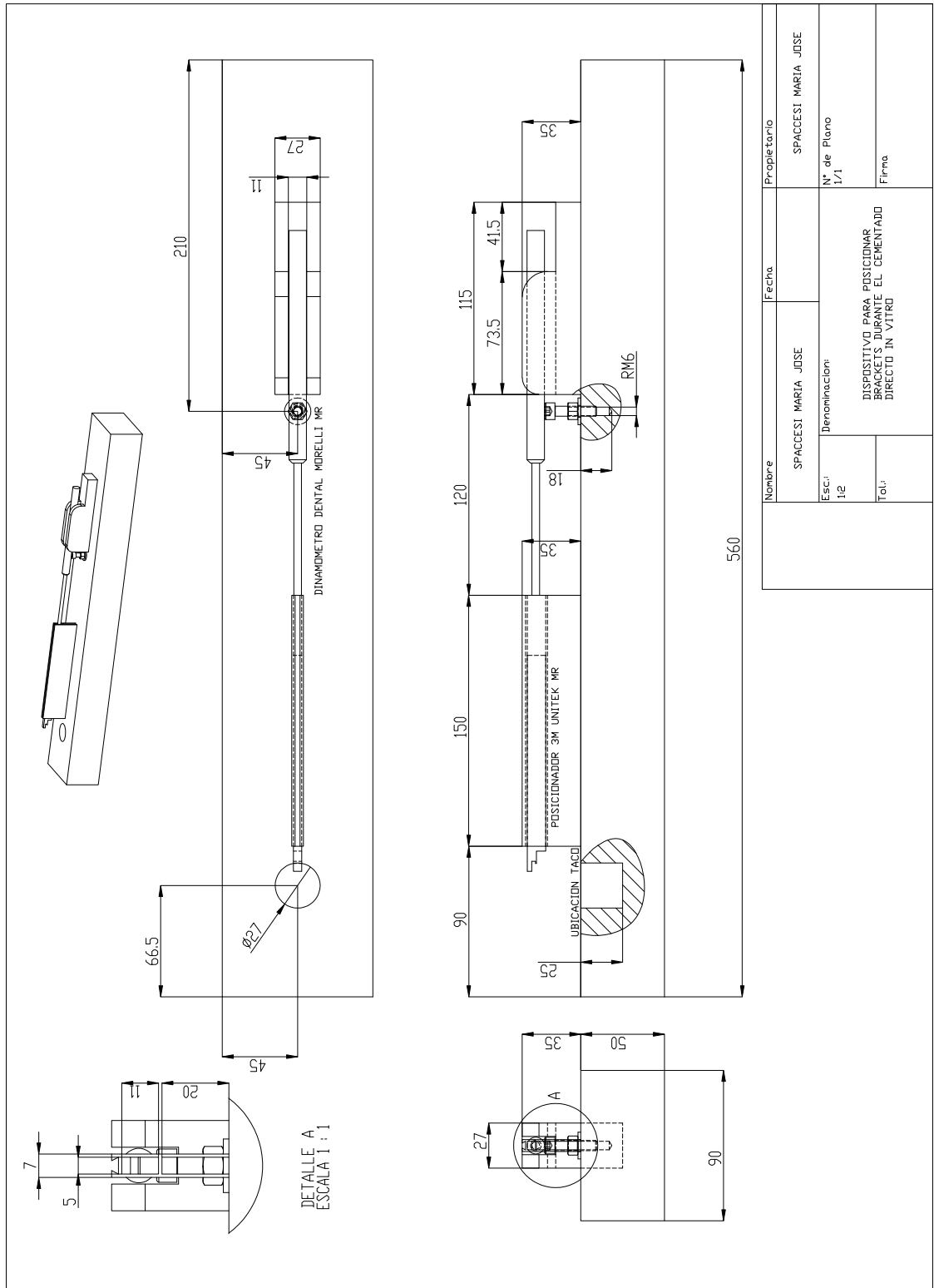
- Newman GV (1965). Epoxy Adhesives for Orthodontic attachments. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 51:901- 902.
- Newman RA, Newman GV, Sengupta A (2001). In vitro bond strength of resin modified glass ionomer cements and composite resin selfcure adhesives: introduction of an adhesive system with increased bond strength and inhibition of decalcification. *Angle Orthod.* 71: 312-17.
- Nicolás Silventi AI (2010). Estudio in vitro del efecto de diferentes métodos de acondicionamiento del esmalte en el recementado de brackets. Tesis doctoral en Ortodoncia. Universidad de Murcia. España-Murcia. 47-53.
- Nocchi CE (2007). *Odontología restauradora*. Editora Panamericana. 2º Edición. 105.
- O'Brien KD, Watts DC, Read MJF (1988). Residual debris and bond strength -is there a relationship. *Am J Ortod Dentofac Orthop.* 94: 222-230.
- Pickett KL, Sadowski PL, Jacobson A, Lacefield W (2001). Or - thodontic in vivo bond strength: comparison with in vitro result. *Angle Orthod. Apr.* 71(2): 141-8.
- Proffit WR, Fields H, Sarver D (2008). *Bases Biológicas del tratamiento ortodóntico*. En *Ortodoncia Contemporánea*. 4 Edición. Barcelona. Elsevier Mosby. 331-358.
- Ramirez Orendain D, Sáez Espínola G (2014). Comparación de fuerza de adhesión de dos sistemas ortodónticos con afinidad a la humedad en dos condiciones de superficie del esmalte. *Revista Mexicana de Ortodoncia*. Abril-Junio. 2 (2): 88-94.
- Retief DH (1991). Standardizing laboratory adhesion tests. *Am J Dent.* 4(5): 231-36
- Reyes Gasga J (2013). Observación del esmalte dental humano con microscopia electrónica. *Rev Tamé.* 1(3): 90-96.
- Reynolds IR (1975). A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.*2:171-8.
- Ricketts RM (1994). *Técnica Bioprogresiva de Ricketts*. 6ta edición. Editorial Interamericana. Buenos Aires. Argentina. 13-19.
- Rodríguez Chávez JA , Barceló Santana FH, Borges Yáñez SA, Arenas Alatorre JA (2013). Comparación de la resistencia al desprendimiento de brackets entre dos sistemas adhesivos (SEP y MIP Transbond) a 60 minutos y 24 horas. *Revista Mexicana de Ortodoncia.* 1:38-44.
- Rueggeberg F, Fortson W, Mettenburg D (2000). Orthodontic Bracket Retention strength using a self-etching resin primer. *J Dent Res.* 79: 282.
- Ruse ND. (2007). What are the main factors I should consider when choosing between different bonding systems? *J Can Dent Assoc.* 73: 314-315.
- Scougall-Vilchis RJ, Zárate-Díaz C, Hotta M, Yamamoto K (2008). Efectos de un nuevo agente de autograbado en la resistencia al descementado de las brackets ortodónticas. *REO.* 38:207-12.

- Scougall-Vilchis RJ, Zárate-Díaz C, Wakamatsu N, Nakagawa T (2009). Resistencia al descementado de botones linguales colocados con diferentes sistemas adhesivos. REO. 39 (1): 33-38.
- Scougall -Vilchis RJ (2010). Evidencia científica para la aplicación de los agentes de autograbado en ortodoncia clínica. Revista ADM. Vol 67 (1), 8- 12.
- Skidmore K, Brook K, Thomson M, Harding W (2006). Factors influencing treatment time in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 129:230- 38.
- Sondhi A (1999). Efficient and effective indirect bonding. Am J Orthod Dentofac Orthop. 115:352-359.
- Suárez D, García C, Velazco G , Ortiz R (2010). Análisis ultraestructural del tejido adamantino vs polímero de obturación directa. ODOUS CIENTIFICA.11:2.
- Tormo J, Bolaos R, Miranda Z (1986). Ultraestructura superficial del esmalte dental humano Observado al microscopio electronico de rastreo. Rev Med Costo Cienc. 7: 23-28.
- Turk T, Elekdag-Turk S, Isci D (2007). Effects of self-etching primer on shear bond strength of orthodontic brackets at different debond times. Angle Orthod. 77(1):108-112.
- Uribe Echevarría J, Priotto EG , Spadilero de Lutri M (2009). Adhesión a Esmalte y Dentina con Adhesivos Poliméricos Capítulo 4 en Adhesión en Odontología Restauradora. Editorial: Ripano S.A. España. 90-171.
- Valencia R, Espinosa R, Ceja I, Marín A (2013). Características estructurales de los Cristales del Esmalte Humano: Mecanismos de Remineralización. RODYB. 2:3.
- Valleta R, Prisco D, De Santis R, Ambrosio L, Martina R (2007). Evaluation of the debonding strenght of ortodontic brackets using three different bonding systems. Eur J Orthod. 29(6):571-577.
- Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G (2000). Microscopy investigations. Techniques, results, limitations. Am J Dent 2000. 13:3-18.
- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 28(3):215-235.
- Vargas Moreno J A (2015). Estudio comparativo in vitro de la resistencia al descementado de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, utilizando como sistema adhesivo resina Transbond XT 3M y su respectivo análisis al MEB. Tesis (Especialista en Ortodoncia), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Postgrados; Quito, Ecuador.
- Vellini Ferreira F (2004). Ortodoncia, Diagnóstico y planificación clínica. Sao Paolo: Artes Médicas. Cap. 1. 2-29.
- Viazis A (1995). Atlas de Ortodoncia. Principios y aplicaciones. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 101-104
- Vicente A, Mena A, Bravo L (2008). Efecto de la contaminación con saliva y agua en la fuerza adhesive del sistema Transbond Plus. Estudio in vitro. INNOVA. 7: 34-35.

Vicente-Hernández A, Bravo-González LA (2005). Resistencia a las fuerzas de cizalla del sistema APC Plus. Estudio in vitro. RCOE. 10(1):61-65.

Zambrano FR, Rincón A, Camejo Aguilar y col. (2008). Efectividad de los adhesivos de autograbado sobre el esmalte dental. Estado Actual. Acta Odontológica Venezolana; 48 (14): 351-54.

# ANEXO



Nombre	Fecha	Propietario
SPACCESI MARIA JOSE		SPACCESI MARIA JOSE
Esc.: 1/2	Denominacion:	N° de Plano 1/1
Tot.: 1	DISPOSITIVO PARA POSICIONAR BRACKETS DURANTE EL CEMENTADO DIRECTO IN VITRO	
		Firma