



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

**INFLUENCIA DEL COMPUESTO
ORTHOSPEED® SOBRE LA FRICCIÓN
DURANTE EL CIERRE DE ESPACIOS CON
MECÁNICA DE DESLIZAMIENTO UTILIZANDO
MINIIMPLANTES Y MECÁNICA
CONVENCIONAL. ENSAYO CLÍNICO.**

Tesis para obtener el Título de Especialista en
Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

Miguel Aníbal Claros Stucchi

Lima - Perú

2019

ASESOR

Dr. Mg. Esp. Abraham Meneses López

Departamento Académico de Estomatología del Niño y Adolescente

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos que tanto amo.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por su infinito amor, porque siempre me dio la fuerza para seguir adelante.
- Al Doctor Abraham Meneses, por su paciencia y sabiduría con la que supo guiarme al realizar este trabajo de investigación.
- AL Doctor Juan José Alió Sanz, amigo y maestro con quien empezamos el estudio del Orthospeed®.
- A mi esposa e hijos, porque son mi fuerza y motor para hacer todo en esta vida.
- A mis suegros, por todo el apoyo económico y espiritual que me brindaron para terminar mis estudios de postgrado.
- A mis abuelitos, en especial a Cosme Claros Vila quien no pudo ver mi tesis terminada pero me incentivó hasta el último momento a seguir adelante.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la influencia del compuesto Orthospeed sobre el tiempo de cierre de espacios, utilizando mecánica convencional y miniimplantes en pacientes que se les ha realizado extracciones de primeros premolares de la Clínica Dental docente de la UPCH. **Métodos:** Ensayo clínico de una muestra de treinta espacios de extracción de primeros premolares los cuales se dividieron de manera aleatoria en dos grupos: con compuesto (n=10) y sin compuesto (n=20). En Ambos grupos se evaluó la influencia de la mecánica de cierre de espacios con mecánica convencional (n=18) y miniimplantes (n=12) y el método de cierre de espacios con resortes (n=6) y tieback (n=24). La selección de los participantes se realizó de acuerdo a los criterios de selección preestablecidos. En todas las pruebas se midió el espacio de extracción inicial con un compás y un vernier electrónico. Se aplicó Orthospeed® siguiendo las indicaciones de la técnica. Se hicieron las mediciones mensualmente y la base de datos se analizó con el programa estadístico SPSS 23.0 hallándose las pruebas de ANOVA y t de Student para todas las comparaciones entre los grupos de estudio. **Resultados:** Al comparar la velocidad de cierre de espacios mensual (VCM) utilizando el compuesto se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,004$) siendo la VCM mayor (0,61mm por mes) que cuando no se utilizó compuesto (0,38mm por mes). Al comparar el método de cierre de espacios se encontraron diferencias significativas ($p=0.022$) siendo la VCM mejor con los resortes de Niti (0.64 mm por mes) que con tieback (0,42mm por mes) para cerrar espacios. No hubo diferencias en el tipo de mecánica de cierre de espacios. **Conclusiones:** El compuesto Orthospeed® dio como resultado una tasa de cierre de espacios mensual mayor que cuando no se utilizó el compuesto. La instalación de miniimplantes y resortes de NiTi producen la mayor VCM sobre todo cuando se aplica Orthospeed®. La menor VCM se dio con mecánica convencional y tiebacks.

PALABRAS CLAVE: Cierre de espacios ortodóntico, Orthospeed, Friction, Tieback, Resortes de Níquel titanio.

ABSTRACT

Objective: To analyze the influence of the Orthospeed compound on the time of closure of spaces, using conventional mechanics and miniimplants in patients who have undergone extractions of first premolars from the Dental Clinic of the UPCH.

Methods: Clinical trial of a sample of thirty extraction spaces of first premolars which were randomly divided into two groups: with compound (n=10) and without compound (n=20). In both groups, the influence of the mechanics of closing spaces with conventional mechanics (n=18) and miniimplants (n=12) and the method of closing spaces with springs (n=6) and tieback (n=24) was evaluated. . The selection of the participants was made according to the pre-established selection criteria. In all the tests, the initial extraction space was measured with a compass and an electronic vernier. Orthospeed® was applied following the indications of the technique. The measurements were made monthly and the database was analyzed with the SPSS 23.0 statistical program, and the ANOVA and Student t tests were found for all the comparisons between the study groups. Results: When comparing the speed of closing of spaces monthly (VCM) using the compound were found statistically significant differences (p=0,004) being the VCM major (0,61mm per month) that when compound was not used (0,38mm per month)). When comparing the method of closing spaces, significant differences were found (p=0.022), VCM being better with Niti springs (0.64 mm per month) than with tieback (0.42 mm per month) to close spaces. There were no differences in the type of space closure mechanics.

Conclusions: The Orthospeed® compound resulted in a higher monthly closure rate than when the compound was not used. The installation of mini-implants and NiTi springs produces the highest VCM, especially when Orthospeed® is applied. The lowest VCM occurred with conventional mechanics and tiebacks.

KEY WORDS: Orthodontic space closure, Orthospeed, Friction, Tieback, Níquel titanio Springs .

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Base de datos general	25
Tabla 2.	Promedio de la velocidad de cierre mensual de todas las muestras.	26
Tabla 3.	Prueba de normalidad según el uso del compuesto.	27
Tabla 4.	Prueba de normalidad según la mecánica de cierre.	28
Tabla 5.	Prueba de normalidad según el método de cierre.	28
Tabla 6.	Comparación de la velocidad de cierre mensual según se utilizó o no compuesto con el test de Anova.	29
Tabla 7.	Comparación de la velocidad de cierre mensual según se utilizó o no compuesto Orthospeed®.	29
Tabla 8.	Comparación de la velocidad de cierre mensual según la mecánica de cierre de espacios.	31
Tabla 9.	Comparación de la velocidad de cierre mensual según el método de cierre de espacios.	33
Tabla 10.	Tasa de cierre mensual.	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
Gráfico 1.	Gráfico de normalidad según el uso del compuesto.	26
Gráfico 2.	Gráfico de normalidad según la mecánica de cierre.	27
Gráfico 3.	Gráfico de normalidad según el método de cierre.	28
Gráfico 4.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según la mecánica de cierre de espacios.	30
Gráfico 5.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según el método de cierre de espacios.	30
Gráfico 6.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según el método de cierre de espacios.	32
Gráfico 7.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según el método de cierre de espacios.	32
Gráfico 8.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según el método de cierre de espacios.	34
Gráfico 9.	Diagrama de cajas de la VCM utilizando Orthospeed según el método de cierre de espacios.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Orthospeed System®.	45
Figura 2. Guía de aplicación Orthospeed- IIO.	45
Figura 3. Guía de aplicación Parte 1.	46
Figura 4. Guía de aplicación Parte 2.	47

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

M	:	Momento
F	:	Fuerza
Fr	:	Fricción
TMA	:	Aleación de Titanio Molibdeno
NiTi	:	Níquel Titanio
VCM	:	Velocidad de cierre mensual
M	:	Media
Máximo	:	Valor máximo
Mínimo	:	Valor mínimo
DE	:	Desviación Standard
Fig.	:	Figura
SS	:	Acero inoxidable
B-Ti	:	Betatitanio
UCA	:	Unión cemento adamantina
CIE	:	Comité de investigación y ética.
IBD	:	Distancia interbracket
RS	:	Resistencia al deslizamiento
UPCH	:	Universidad Peruana Cayetano Heredia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
II.1. Planteamiento del problema	
II.2. Justificación	
III. MARCO TEÓRICO	3
IV. OBJETIVOS	16
IV.1 Objetivo general	
IV.2 Objetivo específico	
V. HIPÓTESIS	16
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	17
VI.1 Diseño del estudio	17
VI.2 Población	17
VI.3 Muestra	17
VI.4 Criterios de selección	17
VI.4.1 Criterios de inclusión	
VI.4.2 Criterios de exclusión	
VI.5 Variables	18
VI.6 Técnicas y procedimientos	19
VI.7 Plan de análisis	23
VI.8 Consideraciones éticas	24
VII. RESULTADOS	25
VIII. DISCUSIÓN	36
IX. CONCLUSIONES	39
X. RECOMENDACIONES	39
XI. REFERENCIAS	40
XII. ANEXOS	44

I. INTRODUCCIÓN

En el tratamiento ortodóntico existen dos tipos de mecánicas: sin extracciones y con extracciones, cada uno de ellos va a depender de la naturaleza de la discrepancia alveolodentaria, de la discrepancia esquelética y de los factores genéticos o ambientales que juegan un papel importante en el desarrollo de una maloclusión en particular.

Una vez establecida la maloclusión, el tratamiento ortodóntico busca posicionar los dientes de tal forma que sean lo más estable posible, es decir con menor riesgo de recidivar en el tiempo, para ello en muchos casos es necesaria la extracción de premolares con el fin de eliminar la gran discrepancia óseo dentaria y corregir la maloclusión. Sin embargo, este procedimiento extraccionista implica un posterior cierre de espacios con dos tipos de mecánica friccional: en masa o dos pasos, los cuales se ven influenciados por una serie de parámetros biomecánicos que juegan un papel importante en el tiempo de tratamiento. Dentro de las variables que influyen en el cierre de espacios, se encuentra una en particular que podría alterar la fuerza ejercida durante el cierre de espacios y es conocida como fricción o resistencia al deslizamiento. Esta variable no solo podría influenciar sobre la fuerza ejercida para cerrar los espacios, sino también en el tiempo de tratamiento.

La fricción, es la resistencia al deslizamiento que existe entre dos cuerpos cuando ambos están en contacto, ésta va depender de algunas características del sistema como: ancho del slot del bracket, ancho y aleación del alambre, tipo de ligadura y otras variables cuyo resultado final es disminuir el movimiento dentario ortodóntico.

Para minimizar los efectos negativos de la fricción se están estudiando algunos productos cuyo fin es la reducción de la fricción e incluso eliminarla, sin embargo, todavía no existen estudios influyentes y concluyentes donde se haya podido disminuir la fricción sin alterar las propiedades de los materiales sobre los que actúa.

El propósito del presente estudio fue evaluar la influencia del compuesto Orthospeed® sobre el tiempo mensual que tarda en cerrarse los espacios de extracción de primeros premolares utilizando o no un compuesto de baja fricción llamado Orthospeed®, además se evaluó si el compuesto influye en la mecánica (convencional o miniimplantes) y en el método (tieback o resortes) para cerrar dichos espacios en pacientes de 10-26 años con maloclusiones de clase I, II o III de la clínica dental docente UPCH.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

II.1 Planteamiento del problema

Durante el tratamiento ortodóntico; existen dos métodos para el cierre de espacios: el primero que es de dos pasos dado por la retracción de caninos seguido de la retracción de incisivos y el segundo que es la retracción en masa de los seis dientes anteriores. Actualmente el uso de miniimplantes nos ayuda a eliminar la indeseada pérdida de anclaje, sin embargo; en la interfase arco bracket existe un factor (fricción o resistencia al deslizamiento) que podría modificar el sistema de fuerzas conocido. Recientemente, se está utilizando sistemas de baja fricción para disminuir el tiempo de tratamiento, pero no se sabe en realidad si la fricción es del todo disminuida, tampoco se sabe si influye en el tiempo de tratamiento. Muchos estudios indican que la fricción ocurre entre la interfase bracket-arco y disipa las fuerzas aplicadas, disminuyendo la velocidad del movimiento dental. El JAL-90458 (**Orthospeed®**), es un compuesto que funciona como amortiguador reológico (lubricante), el cual de acuerdo al grado de viscosidad del compuesto disminuye la fricción; pero a diferencia de otros sistemas mantiene las propiedades de los alambres. Su utilización unida al anclaje con miniimplantes podría brindar excelentes resultados en la clínica. Por estas características queremos comprobar si el compuesto de baja fricción Orthospeed disminuye el tiempo de cierre de espacios mensual ya sea utilizando mecánica convencional o con miniimplantes.

II.2 Justificación

En la actualidad existen muchos sistemas para acelerar el tratamiento ortodóntico, algunos se centran en la inducción celular para acelerar el movimiento dentario, otros se basan en actuar sobre factores físicos del componente ortodóntico que causan fricción y retardan el tratamiento. Asimismo, la gran demanda de los pacientes de conseguir resultados en su tratamiento en corto tiempo ha hecho que la ortodoncia evolucione. Por esta razón, nosotros decidimos investigar a un nuevo compuesto de baja fricción cuya acción principal es eliminar la fricción del sistema ortodóntico y conseguir un movimiento dentario libre. Su efecto ya ha sido comprobado en la fase de alineamiento y nivelación donde se consiguió excelentes resultados, ahora nosotros queremos comprobar su efecto en la fase de cierre de espacios ya que de comprobarse su eficacia podríamos conseguir excelentes resultados en el menor tiempo posible.

III. MARCO TEÓRICO

III.1 Fricción

El tratamiento ortodóntico consta de cuatro fases: el alineamiento y nivelación (primera fase), donde los arcos se deslizan a través de brackets o tubos de molares para conseguir dientes correctamente posicionados; el cierre de espacios (segunda fase), realizado con mecánica de deslizamiento o con la utilización de ansas; la intercuspidación y angulación dentaria adecuada (tercera fase) para dar un acabado altamente funcional y estético a la sonrisa y contención (cuarta fase). Durante el alineamiento inicial y en la mecánica de cierre de espacios, existe un deslizamiento del arco a través del slot del bracket. En este deslizamiento un fenómeno físico negativo se produce, el cual se opone al movimiento libre entre superficies y se le conoce como fricción o resistencia a deslizamiento. Esta resistencia al deslizamiento está presente de dos formas: 1) **Fricción estática**, que es la resistencia al movimiento inicial e impide el libre deslizamiento, dando como resultado una fuerza mayor para mantener el deslizamiento, 2) **Fricción cinética o dinámica**, se presenta una vez iniciado el movimiento, dando un nivel de fuerza constante menor que la fricción estática.¹⁻⁴

La fricción estática, es la resistencia al deslizamiento que necesita ser superada para iniciar el movimiento dentario. Se cree que para iniciar el movimiento dentario se necesita aproximadamente de **40-60 gramos de fuerza más** en la fuerza neta aplicada. Solo así, se podría superar la resistencia friccional estática y la resistencia del entorno biológico. Sin embargo, el excesivo incremento de la fuerza neta para vencer la resistencia friccional podría crear pérdida de anclaje, deformación plástica del alambre y ausencia total del movimiento dentario.⁵⁻⁶

Otro factor implicado en la resistencia al deslizamiento, es el **coeficiente de fricción** que tienen los alambres y brackets utilizados durante el tratamiento ortodóntico. Igual que la fricción, también existen dos coeficientes de fricción: 1) Coeficiente de fricción estática, presente en la fuerza necesaria para iniciar el movimiento y el otro es el 2) coeficiente de fricción dinámica que implica la fuerza necesaria para continuar el movimiento. Como vemos, la fricción es un factor determinante en el tiempo de tratamiento.⁴⁻⁷ Esta resistencia al deslizamiento representa un reto clínico durante el tratamiento con aparatos fijos, sobre todo en las fases de alineamiento-nivelación y cierre de espacios (mecánica con fricción) donde estará presente en todo momento.

Según Whitley¹⁴ el coeficiente de fricción cinética en medios secos es de 0.12, 0.23 y 0.24 para los arcos de alambre SS, NiTi y B-Ti contra brackets de titanio comercialmente puro respectivamente.

Además, existen algunos factores físicos y biológicos,^{5,6} tales como la textura superficial (fenómeno stick-slip),⁷⁻¹¹ el tipo y forma de ligadura,⁸⁻¹¹ el coeficiente de fricción,¹² la angulación formada entre el alambre y el slot del bracket (ángulo de contacto crítico),^{5,13-15} el grado de deformación elástica y plástica de los alambres (binding y notching),¹⁶⁻²³ la saliva,²⁴ la placa bacteriana y el acto masticatorio.

III.2 Componentes de la fricción

III.2.1 Resistencia friccional, está dado por la fuerza necesaria para vencer las asperezas (rugosidades superficiales que existen en cada aleación), estas irregularidades producen un engranaje o incrustación de las superficies lo cual aumenta la resistencia friccional. En 1994 Proffit²⁰ indicó que la capacidad de desgastar los puntos de unión superficiales dependerá del grado de textura y dureza de cada material.

Cuando se forma un engranaje de las superficies en contacto (dependiente de la rugosidad superficial) existe un fenómeno denominado **stick-slip** (atasque-deslizamiento) de la resistencia al deslizamiento,^{1,2,6} cada ciclo de Stick-Slip da como resultado cierto grado de traba mecánica que sumado con la carga elástica del sistema enseguida produce un movimiento repentino que indica que la resistencia al deslizamiento ha sido vencida. Esta resistencia dependerá de la forma y tamaño de las asperezas (rugosidad superficial), de la velocidad del movimiento durante el deslizamiento que puede variar según la lubricación superficial (tensión superficial), del tiempo que tarda en relajarse, de la memoria elástica del alambre y de una mezcla de todos estos factores.

El movimiento stick-slip es causante de una gran cantidad de desgaste y fricción entre la base del slot y los arcos de ortodoncia y por ello se han hecho muchos estudios para entender tal fenómeno. La clave para solucionar el misterio de la fricción estática y el fenómeno stick-slip está enfocada en observar lo que ocurre en la estructura a escala microscópica (infinidad de contactos) y de la naturaleza de tales moléculas recluidas entre ambas superficies contactantes. Por otra parte, hay que entender que la fuerza necesaria para sobrepasar la resistencia al deslizamiento es proporcional a la velocidad de deslizamiento y al coeficiente de fricción de ambas superficies en contacto.

Tidy² (1989), verificó efectos de la carga, del tamaño del slot, del calibre del arco y el material utilizados en la resistencia al deslizamiento, hallando que la resistencia al deslizamiento es proporcional a la carga aplicada e inversamente proporcional al ancho del bracket, donde la dimensión del arco y el tamaño del slot tienen pocos efectos.^{2, 5, 10, 15}

Whitley (2007), analiza la influencia de la distancia interbracket (IBD) sobre la resistencia al deslizamiento (RS), encontró que la RS fue inversamente proporcional a la IBD total, independientemente de la aleación de los arcos o del slot del bracket. Depende en gran medida del ángulo de contacto crítico y del grado de deformación elástica de los alambres.

Proffit y Fields²⁰ confirman que la fricción disminuye cuando el ancho mesiodistal del bracket es más grande, siendo así que la resistencia al deslizamiento es inversamente proporcional al ancho del bracket.^{3,5}

Kapila²¹ (1990), analizó brackets metálicos de distintos anchos mesiodistales y alambres de cuatro aleaciones (Acero inoxidable, Níquel titanio, Cromo-cobalto, Beta-titanio) donde contradice varias investigaciones previas ya que encontró mayor cantidad de fuerza de fricción estática y dinámica entre brackets gemelos anchos de slot 0.022" que en los simples estrechos de 0.018".²¹

III.2.2 La fuerza Normal, es la fuerza perpendicular a las superficies de contacto que une dos materiales (arco-slot), producido por una carga vertical (elastics o ligaduras rígidas que unen el arco al bracket) y dependiente del coeficiente de fricción (COF). Las ligaduras convencionales (elastics) y de acero inoxidable, suministran una fuerza que sobrepone el arco contra el slot del bracket, este procedimiento da como resultado del aumento de la resistencia al deslizamiento.^{22,23} Aunque también dependerá de la forma como es ligado el arco dentro del bracket, ya que ligando solo dos aletas del bracket o utilizando ligaduras de baja fricción se reducirá de forma significativa la fricción entre ambas superficies.²⁴

Matarese y cols⁷ (2008), no encontraron diferencias en la fricción producida entre ligaduras convencionales y ligaduras de acero inoxidable, se pudo observar que la desviación estándar de ambos tipos de ligaduras no tuvo mucho valor. Esto demuestra lo difícil que es estandarizar el tipo de ligadura que se debería utilizar en la práctica clínica. Por otra parte, Edwards⁸ encontró que la forma de ligar los arcos tenía influencia en la fuerza de fricción. Griffiths y cols⁹ encontraron que la forma seccional de las ligaduras elastoméricas también podría tener algún efecto sobre la

resistencia al deslizamiento. Existen varias formas de reducir la resistencia friccional dependiendo de las características seccionales o fuerza de los módulos elastoméricos (elastics), pero varios estudios han demostrado que la mejor forma de hacerlo es con la utilización de brackets de autoligado pasivo (libre de ligaduras) donde no existe fuerza normal presente ya que el bracket funciona como un tubo y permite el libre deslizamiento de los arcos.^{7, 25}

III.2.3 El coeficiente de fricción (COF)

El Coeficiente de fricción, es proporcional a la resistencia al desgaste de las asperezas e inversamente proporcional al límite elástico de los materiales (que determina el grado de deformación plástica de las asperezas), también es independiente del área aparente de contacto.²⁶⁻³¹

La unión arco-bracket (cupla) da como resultado un aumento o disminución del coeficiente de fricción, esto dependerá de la rugosidad superficial y del tipo de aleación de los alambres (acero, Niti, TMA).^{4,12}

Whitley¹⁴ (2007), menciona en su estudio que el coeficiente de fricción será independiente de la distancia interbracket y que los efectos de la saliva sobre el COF dependerá del tipo de alambre utilizado.^{14,16}

Kusy y cols³² utilizando un espectroscopio laser observaron algunas características superficiales topográficas de alambres utilizados en ortodoncia. Sus resultados mostraron que no necesariamente tener una baja rugosidad superficial es una condición suficiente para tener un coeficiente de baja fricción. Proski³³, encontró resultados parecidos utilizando un perfilómetro. Varios estudios se han hecho con el fin de determinar la rugosidad superficial de los alambres y su influencia en la resistencia al deslizamiento, pero ha existido muy poco interés en determinar la rugosidad superficial del slot de los brackets.

Si bien existen diferencias entre el coeficiente de fricción de los metales (Niti, acero, etc.), estas diferencias se dan también por las condiciones superficiales de las muestras analizadas (medios secos, húmedos, oxidados, etc). Debido a esto, varios estudios de investigación in vitro no son confiables ya que existen factores condicionantes que podrían alterar los resultados finales.

III.2.4 Capa Intermedia, es el espacio que se encuentra a nivel molecular entre dos superficies en contacto, este espacio puede estar conformado generalmente por

líquidos, pero podría haber también otras distintas soluciones.

Cada solución presenta un volumen determinado que formará capas que pueden provocar cambios electroquímicos a nivel superficial de los materiales que lo conforman. Algunos de estos compuestos son: el aguafuerte, la corrosión o la disolución.

Cuando la viscosidad de la capa es muy grande, el alambre y base del slot no pueden ponerse en contacto entre sí; se atribuye la presencia de algún tipo de **lubricación hidrodinámica** que impide que las asperezas rocen una contra otra (principio del trabajo con líquidos en fase gelatinosa que inhiben la fricción de los alambres). Mientras que cuando la capa es parecida en espesor a las asperezas de la cupla, existe un tipo de **lubricación límite**, que existe cuando el líquido entre las superficies es tan fino que las rugosidades superficiales entran en contacto durante el deslizamiento. La transición entre estos dos tipos se denomina *líquido parcial de lubricación*.³⁴

En conclusión se puede decir que existen soluciones (líquidos o geles), que causan cambios mecánicos que dan como resultado modificaciones en la topografía de una o más superficies. Por otra parte, estas soluciones podrían intervenir en la conducta friccional de un material a raíz de la consistencia de la solución que se forma. Sin embargo, la formación de una capa intermedia adecuada (lubricación hidrodinámica) podría constituir un efecto lubricante (*Principio activo del JAL-90458*).³⁵

III.3 Consideraciones clínicas de la fricción

La fricción, aumenta la fuerza necesaria para mover un diente, con riesgo de causar daño periodontal, desprendimiento de brackets y pérdida de anclaje.^{5,18,19} Cuando movemos un diente en dirección mesial o distal, se producen rotaciones o angulaciones no deseadas de los dientes, los cuales pueden reducir la fuerza aplicada en más de un 50% debido a la fricción.^{14,16,18} Los estudios demuestran que la fricción aumenta con el incremento de tamaño de la sección transversal de los arcos, también con el tipo de aleación de los arcos y tipo de ligaduras empleada.^{5, 6, 19, 20} La angulación de los arcos con el slot del bracket forman un ángulo de contacto crítico, provocando una configuración pasiva o activa de acuerdo con el grado final de angulación producido. Cuanto mayor sea la angulación final, la fricción será mayor, triplicándose cada cinco grados cuando el ángulo de contacto crítico se incrementa.^{7, 20, 21} Los dobles de segundo y tercer orden también aumentan la fricción.^{10, 22} El acto de la masticación también puede ser una fuente de fricción en un

determinado momento.^{16,23} En cualquier caso, se ha observado que el COF será mayor en alambres rectangulares que redondos y aumenta con la dureza del alambre.^{11,24-26} Los materiales estéticos (brackets cerámicos y resinosos) también producen mayor fricción que los materiales de acero inoxidable.³⁶⁻³⁸ Además, algunos investigadores creen que la saliva actúa como un lubricante y reduce el roce entre los materiales (lubricación hidrodinámica), mientras que otros consideran que en realidad puede ser un factor de adhesión y por lo tanto pueden impedir el deslizamiento (dependerá de la viscosidad y la densidad de la saliva).^{1, 24, 36} Todos estos factores nos llevan a pensar que habrá una pérdida de anclaje, movimientos dentarios limitados y reabsorción radicular en caso de la aplicación de grandes cantidades de fuerza.

III.3.1 Mecánica de cierre de espacios

El conocimiento actual en biomecánica, unido al desarrollo de nuevos materiales y técnicas, hizo posible una mejora significativa en el cierre de espacios. Sin embargo, la regulación del cierre del espacio es determinado por las fuerzas biomecánicas aplicadas a los dientes, la variación en la fuerza y la magnitud del momento, la relación momento fuerza (M / F), la tasa de fuerza de deflexión de los alambres y la unidad de anclaje.³⁹

Debido a la gran cantidad de opciones mecánicas, se debe prestar especial atención a la selección del modelo más adecuado para cada caso y se deben considerar ciertos aspectos como el control preciso del movimiento tridimensional de los dientes durante el cierre de espacios ya que es de primordial importancia para lograr los objetivos del tratamiento. En general, se deben considerar seis objetivos para el cierre de espacio: 1) Control diferencial de anclaje-cierre de espacio; 2) mínima cooperación del paciente; 3) Control de inclinación axial; 4) Control de rotaciones y anchura del arco; 5) Respuesta biológica óptima; y 6) la conveniencia del operador.³⁹

La primera fase del tratamiento ortodóntico conlleva a considerables deflexiones del arco (dobles de 1er y 2do orden), esto da como resultado que la fricción no sea constante). Se supone que *“la cantidad de fricción no es constante, ya que la unión intermitente (cupla slot–alambre), se pierde como resultado del movimiento dentario”* y por la flexibilidad de los arcos y ligaduras.²⁰

En la segunda fase del tratamiento ortodóntico, cuando se ha realizado alguna extracción por la discrepancia óseo-dentaria severa, es común cerrar estos espacios llevando las piezas dentarias hacia el lugar de extracción y para ello existen dos

formas de hacerlo: mediante el uso de ansas de cierre de espacios (mecánica de traslación o **no friccional**) o mediante el uso de cadenas o resortes anclados a pines que van soldados entre caninos e incisivos laterales (mecánica de deslizamiento o **friccional**).

El primero llamado “**Mecánica de traslación**”, donde se utiliza “**loops de cierre**”, y consiste en la confección de un arco segmentado o continuo de calibre 0.017x0.025” de acero o TMA con distintos loops de cierre (confeccionados en el mismo arco) que es colocado en el bracket y luego es activado con fuerza hacia los espacios de extracción. Esta característica de los alambres conocida como **springback**, hace que los distintos loops o resortes **vuelvan a su forma inicial** y cierren los espacios de extracción. A pesar que en este sistema no exista fricción, se ha visto que podrían producirse fuerzas intensas durante el cierre de estos espacios, provocando cambios indeseables en la angulación, torque y rotación de los dientes de anclaje. Por lo tanto, el uso de loops de cierre mal activados o continuamente activados (sin esperar el tiempo de recuperación dentario necesario) podría generar fuerzas intensas que nos obligaría a controlar estos cambios indeseables.⁴⁰

A menudo se construyen loops de cierre de espacios en arcos continuos más que en arcos segmentados para minimizar el *momento* indeseado. Como sabemos, en ésta técnica clínica, el espacio es cerrado con angulación dentaria más que con movimientos de traslación, por lo cual, se necesitará un tiempo adicional para verticalizar las raíces de los dientes. La gran ventaja de la utilización de estos loops de cierre, es que no existe resistencia al deslizamiento, por lo tanto el movimiento dentario es más libre y predecible. Sin embargo, la conformación de loops toma mucho tiempo (tiempo en el sillón dental), la activación exacta es complicada y muchos pacientes experimentan irritación de los tejidos blandos, reabsorción radicular, retracción gingival y dificultad en su higiene dental. En vista de esto, la mecánica de deslizamiento aunque sensible a la resistencia al deslizamiento muchas veces va ser preferida por los clínicos de ortodoncia.^{14,41}

La segunda mecánica llamada “**Mecánica de deslizamiento o con fricción**”, es un procedimiento clínico de traslación de uno o varios dientes, con el fin de cerrar espacios de extracción o diastemas y mejorar el over jet dentario. Este movimiento dentario se da gracias a la aplicación de fuerzas ligeras y continuas para traccionar los arcos gracias a la aplicación de aditamentos ortodóncicos (cadenetas, resortes y pines de retracción), donde los arcos se deslizan a través del slot de brackets y tubos de molares. Este deslizamiento da como resultado la formación una serie de

resistencias traccionales (resistencia al deslizamiento) que ralentizan el movimiento dentario.³⁹⁻⁴¹

Ambas técnicas de cierre de espacios, tienen sus ventajas y desventajas, pero en nuestro caso vamos a enfocarnos en los problemas que causa la fricción en la mecánica de deslizamiento, ya que es objetivo de este estudio, controlar tal fenómeno para mejorar el desempeño de los aparatos fijos de ortodoncia y conseguir una mecánica de deslizamiento más eficiente.

Dentro de la ***mecánica de deslizamiento***, existen dos formas para cerrar el espacio de extracción utilizando máximo anclaje:

1. Cierre de espacios de dos pasos; donde primero se retrae los caninos, seguido por la tracción de los cuatro incisivos.
2. Cierre de espacios en masa; donde se cierra el espacio por la tracción de los seis dientes anteriores

Cualquiera que sea el método empleado, se observa que la fricción influye en la cantidad y calidad de fuerza empleada, lo cual disminuye el movimiento dentario y aumenta el tiempo de tratamiento. A pesar de que muchos estudios nos dan aproximaciones de la cantidad de fuerza necesaria para realizar el movimiento dentario libre, es difícil saber con exactitud si la magnitud de fuerza aplicada es suficiente para permitir dicho movimiento dental. Por otra parte, sabemos que la aplicación de altas magnitudes de fuerza, en un “**intento de superar la fricción**”, podría iniciar el movimiento no deseado de los dientes de anclaje (pérdida de anclaje), perdiéndose de esta manera el espacio necesario para posicionar bien los dientes, lo que resultaría perjudicial en los pacientes donde se necesite todo el espacio de extracción (pacientes de clase II o con grandes discrepancias óseo-dentarias).²⁷

Durante el cierre de espacios, el proceso de traslación dentaria se da gracias a que existe poca o ninguna angulación del eje central del diente, es decir, que los dientes se encuentren adecuadamente nivelados como para que un alambre de gran calibre pueda deslizarse libremente en el slot de los brackets, sin formar algún tipo de angulación de segundo orden. Cuando esto es así, es probable que las fuerzas de tracción pasen lo más cercano al centro de resistencia del diente y produzcan un movimiento libre sin restricciones. Sin embargo, las fuerzas de cierre de espacios generados por resortes o cadenas, son usualmente oclusales y bucales al centro

de resistencia del diente, lo cual producirá un **momento** (fuerza que produce rotación), dando como resultado una angulación de segundo orden y rotación del diente en dirección hacia donde se está posicionando el diente, lo cual, contribuye aún más a un aumento de la fricción.

En la mecánica de deslizamiento en uno o dos pasos, una vez aplicada la fuerza, los dientes tienden a inclinarse gracias a un espacio existente entre brackets y alambres; esta inclinación da como resultado la formación de un ángulo entre el alambre y los bordes opuestos del slot del bracket (ángulo de contacto crítico) que dependiendo de la cantidad de angulación se considera que están en configuración activa o pasiva, dando origen a un **momento controlado** que depende de la configuración activa o pasiva, que provocará un movimiento de **traslación neto controlado** que lleve las raíces dentarias en la misma dirección que se desplaza la corona, requiriendo así menos tiempo para verticalizar las raíces y producir **inclinación** coronaria. Estudios indican que los calibres mayores de alambres (0.019x0.025 y 0.021x0.025) dan un mejor control de la angulación dentaria (configuración pasiva), pero también ocasionan mayor fricción.²⁷

La fricción es aquel factor íntimamente relacionado a la mecánica de deslizamiento con arcos continuos y está presente durante la alineación y nivelación dentaria, en el cierre de espacios durante la retracción de los dientes y en la activación final del torque.²⁴

Durante el movimiento dentario, la respuesta biológica adecuada de los tejidos ocurre solo cuando la fuerza neta aplicada supera la fuerza de fricción de la interfase bracket-arco. Como se puede observar en muchas situaciones clínicas, tal movimiento dentario empieza en el alveolo dentario, donde la fuerza neta aplicada supera la fuerza de resistencia al deslizamiento de la estructura periodontal de apoyo.¹¹ Sin embargo, a veces estos niveles de fuerzas friccional son tan altos que pueden ocasionar el despegado de los brackets, asociado con poco o ningún movimiento dentario.^{5, 11, 39}

Es recomendable que antes de empezar el cierre de espacios con mecánica de deslizamiento, primero exista un buen alineamiento y nivelación dentaria, llegando hasta los arcos de mayor grosor y que llenen por completo el slot de los brackets, en donde la curva de Spee esté totalmente plana, ya que todo esto nos asegurará que los arcos se deslicen de forma pasiva o en **configuración pasiva**, a través del slot de los brackets.¹⁵ Por otra parte, hay que tener en cuenta el empleo de arcos

altamente pulidos y de calibres grandes (0.019x0.025") como el acero inoxidable, así como, el uso de brackets de baja fricción o los de autoligado pasivo .

Bourauel y cols⁴² (1998), describieron que en varias técnicas con aparatología fija, al momento del cierre de espacios se generan inclinaciones o rotaciones dentarias no deseadas, lo cual, supone la pérdida de más del 50% de la fuerza aplicada a causa de la resistencia al deslizamiento.^{42,43} Esto nos lleva a pensar que muchas veces se necesitaría aplicar 50-60% más de fuerza para superar la resistencia al deslizamiento del sistema, sino tal movimiento dentario esperado será reducido o incluso inhibido.³³ Esto es muy importante de observar sobre todo al utilizar alambres de gran calibre y que llenen por completo el slot del bracket, donde se necesitan grandes niveles de fuerza para completar el movimiento dentario.

También se ha visto que la masticación tiene influencia en la **fricción efectiva** entre brackets y arcos, ya que ésta se reducirá considerablemente. Varios estudios demuestran que pequeñas fuerzas dispuestas en una zona de la boca, son suficientes para producir la disminución de la fricción efectiva. Esto nos da a entender, que hay menor fricción en la cuplas entre arcos y slot de brackets en la boca de los pacientes que en los análisis in vitro de laboratorio, deduciéndose que *la fricción in vivo no es tan significativa* como muestran los estudios convencionales in vitro.¹⁴

Braun et al⁴⁵, (1999) analizaron la fricción, comparando diferentes calibres de alambres, técnicas de ligado y angulaciones del alambre; llegando a la conclusión que la resistencia al deslizamiento fue disminuida a cero cada vez que un *movimiento relativo* ocurría en la interface del slot-alambre. Por lo tanto, factores como el grado de inclinación dentaria, el espacio libre entre en el slot-arco y la forma de ligar los arcos no tuvieron efectos medibles en la resistencia al deslizamiento observada en la dinámica simulada de la cavidad oral.⁴⁵

Por otra parte, también se ha observado que la secuencia de alambres seleccionados podría tener algún efecto sobre la fricción que se da en la cupla slot-arco, ya que a mayor grosor podría aumentar la fricción (Full Size). Esto se observa mejor a la hora de cerrar espacios, donde es necesaria primero la correcta nivelación dentaria (dejando el arco por un tiempo antes que se aplique tracción elástica) para reducir o eliminar el tip o inclinaciones de segundo orden que podrían aumentar la fricción y por otro lado para dar la correcta activación de los torques y evitar inclinaciones dentarias no deseadas.^{32,33,40}

Los efectos adversos por la aplicación excesiva de fuerzas en un intento por superar la fricción son: pérdida de anclaje,²⁴ inclinaciones dentarias, deformación de los arcos, rotaciones dentarias, lesión periodontal iatrogénica y reabsorción radicular.²³ Es por esta razón, que el tratamiento de la fricción es una situación muy importante en ortodoncia, y aunque se han hecho muchos estudios in vitro para calcular la cantidad de fuerzas clínicamente implicadas, es muy difícil saber con exactitud que valores de fuerza son los más adecuados, ya que existen factores biológicos que no podemos controlar al cien por ciento.

III.3.2 Anclaje

Según Nanda⁴⁶ el anclaje es el momento del movimiento de dientes posteriores (molares y premolares) para cerrar el espacio de extracción a fin de alcanzar determinados objetivos de tratamiento. Existen tres tipos de anclaje dentario (tipo A, tipo B, tipo C) que dependerá de la forma como se cerrarán estos espacios; también existe el anclaje esquelético, que se da gracias al empleo de mini-implantes; estos aditamentos son eficaces en el control del anclaje, además, presentan varios beneficios como: facilidad de inserción, costo mínimo, biocompatible, aplicación inmediata de las fuerzas, tiempo de tratamiento ortodóncico reducido, se pueden realizar diversos movimientos dentales y no requieren de la colaboración del paciente.

Existen algunas consideraciones que deberían tomarse en cuenta a la hora de utilizar miniimplantes como: la cantidad de retracción dentaria, la estética facial, cantidad y calidad de hueso, estado del tejido periodontal, longitud y anatomía radicular de las piezas adyacentes al lugar de inserción. Desde el punto de vista biomecánico hay que tener en cuenta los vectores de fuerzas para la retracción de los dientes anteriores y el control vertical de los incisivos.

Generalmente los miniimplantes son instalados a 8mm por encima de la unión cemento adamantina (UCA), cuando hacemos la retracción anterior con anclaje esquelético, generamos un vector de fuerza más intrusivo que en la mecánica convencional. Este vector de fuerza podría ser controlado mediante la modificación de la altura de inserción del mini-implante y/o la altura del "hook" del pin de retracción, generando una serie de posibilidades en la línea de acción de la fuerza. A pesar del control de la línea de acción de la fuerza existe un aumento del rozamiento entre el alambre y el slot del bracket que ha sido poco estudiado y analizado, por ello, es

importante investigar si algún sistema de baja fricción podría mejorar los sistemas de cierre de espacios con miniimplantes.⁴⁷

III.3.2 Materiales de baja fricción

El desarrollo de nuevos materiales autodenominados de baja fricción o cero fricción, además de técnicas que prometen reducir el tiempo de tratamiento, se basan principalmente en el cambio del diseño tribológico de los brackets (brackets Sinergy® o autoligantes) y cambio de la estructura superficial del alambre.

La modificación estructural de los alambres se puede conseguir gracias a la implantación de iones,^{48, 49} al revestimiento con Poli (cloro-p-Xylylene),⁵⁰ difusión de nitrógeno caliente,⁵¹ alúmina cristalina,⁵² nitruración gaseosa,⁵³ deposición tungsteno⁵⁴ y últimamente utilizando teflón.⁵⁵ Sin embargo, estos cambios en la estructura del alambre pueden alterar sus propiedades fundamentales como la resistencia a la corrosión y la recuperación elástica de los alambres (springback de alambres de TMA o Níquel titanio), lo cual supondría un problema durante su uso en la clínica.

III.3.3 Compuestos de baja fricción (ANEXO 1)

En la actualidad, existe un compuesto llamado Orthospeed®. Este compuesto cuyo nombre de la patente inicial fue JAL-90458 es fabricado en España por laboratorios Cosmodent para INVERSORT S.L. y ha sido aceptado para ser utilizado por los ortodoncistas por el ministerio de sanidad de España.

Según Alió^{35,56} la consistencia coloidal como un gel de este compuesto amortigua las superficies que entran en contacto, neutralizando las fuerzas de fricción. Su utilización ha sido eficaz en la fase de alineamiento y nivelación del tratamiento ortodóncico, ya que estudios realizados por el Dr. Alió comprueban que utilizando Orthospeed® logramos disminuir en promedio a 90 días la fase de alineamiento y nivelación y llegando a un alambre 0.019x0.025” de acero; mientras que cuando no se utiliza el compuesto el tiempo que tarda la misma fase demora en promedio 270 días. Sin embargo; este estudio se realizó en pacientes con maloclusiones de clase I y con discrepancia negativa de 4-6mm; por lo cual, actualmente se encuentra en estudio para ampliar la mecanoterapia en diferentes maloclusiones.

Este compuesto se caracteriza porque contiene una base de elementos de origen oleico (aceite de oliva) y un elemento estabilizante que hacen que este compuesto tenga unas propiedades de baja fricción. (Figura 1). Hay estudios que demuestran científicamente que el Compuesto Orthospeed® reduce la fricción como producto de revestimiento, siendo biológicamente compatible con el movimiento dentario.^{35,56}

Orthospeed® también ha sido propósito de investigación de estudiantes del master y doctorado en Ciencias Odontológicas de la Universidad Complutense de Madrid y se ha encontrado que este compuesto disminuye la inflamación gingival y controla la formación de placa dental gracias a su composición de triclosán en la formula, asimismo; en una tesis doctoral se pudo comprobar que al utilizar Orthospeed® se produce menos dolor en los pacientes que utilizaron el compuesto.⁵⁷

Varios estudios han comprobado que Orthospeed® también disminuye la fricción que se produce con la utilización de alambres de Níquel titanio, acero y Elgiloy y también con distintos brackets, por esta razón, actualmente es utilizado como un sistema de baja fricción.⁵⁸ Por otra parte podemos decir que no existe algún otro estudio valido con la utilización de compuestos para disminuir la fricción.

IV. OBJETIVOS

IV.1. Objetivo general

Analizar la influencia del compuesto Orthospeed® sobre la tasa de cierre mensual durante el cierre de espacios en masa con mecánica convencional y miniimplantes en pacientes de la clínica dental docente UPCH a quienes se les ha realizado extracciones de primeros premolares.

IV.2. Objetivos específicos

- 1.- Determinar la cantidad de distalización (cierre de espacios) por periodo de tiempo mensual con y sin la utilización de compuesto de baja fricción (Orthospeed®).
- 2.- Determinar si el compuesto Orthospeed® produce mayor velocidad en el cierre de espacios que cuando no se utiliza dicho compuesto.
- 3.- Determinar si el compuesto Orthospeed® influye en la velocidad de cierre mensual con mecánica convencional o miniimplantes.
- 4.- Comparar la velocidad de cierre de espacios con tieback y resortes.

V. HIPÓTESIS

El compuesto de baja fricción Orthospeed disminuye el tiempo de cierre de espacios mensual ya sea utilizando mecánica convencional o con miniimplantes.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1 Diseño del estudio

Es un estudio experimental, tipo ensayo clínico.

VI.2. Población

Pacientes de la clínica UPCH con maloclusión de clase I, II o III en quienes se les ha realizado extracciones de primeros premolares y se van a retraer los dientes anteriores (cierre de espacios en masa) con mecánica convencional (mecánica con fricción) o mini-implantes (anclaje esquelético).

VI.3. Muestra

En la literatura, solo hay un estudio *in vivo* que evalúa la fricción de este compuesto en la fase de alineamiento y nivelación pero no en la fase de cierre de espacios. Por esta razón decidimos buscar los registros de historias clínicas de la clínica dental Cayetano Heredia y encontramos que en promedio cada año son atendidos aproximadamente treinta pacientes con mini-implantes. Teniendo en cuenta ello, decidimos incluir en nuestro estudio a treinta pacientes en el grupo de mini-implantes y para fines comparativos, tomamos la misma cantidad de pacientes para el grupo de tratamiento convencional.

Para este estudio se necesitará de la cooperación de pacientes de la clínica dental docente UPCH en quienes se les ha realizado extracciones de primeros premolares (espacio de extracción) los cuales se dividirán en los siguientes grupos:

1. Grupo de estudio con mecánica de cierre de espacios convencional en masa de los seis dientes anteriores: 30 espacios de extracción

- Cierre de espacios con compuesto 15 espacios
- Cierre de espacios sin compuesto..... 15 espacios

2. Grupo de estudio con mecánica de cierre con miniimplantes en masa de los seis dientes anteriores: 30 espacios de extracción

- Cierre de espacios con compuesto 15 espacios
- Cierre de espacios sin compuesto..... 15 espacios

VI.4 Criterios de selección

Pacientes de la clínica dental docente UPCH, con edades entre 12 -30 años con las siguientes características:

A) Criterios de inclusión:

- Pacientes con maloclusiones de clase I, II, III con extracción de primeros premolares.
- Pacientes con crecimiento normo o hiperdivergente.
- Pacientes con brackets convencionales.
- Pacientes con ATP o arco lingual.
- Pacientes con miniimplantes (anclaje esquelético).
- Pacientes sin alteración de forma y tamaño de las raíces dentarias.

B) Criterios de exclusión:

- Pacientes mayores de 30 años.
- Pacientes con extracciones de segundos premolares
- Pacientes con malformaciones craneofaciales
- Pacientes con brackets autoligantes.
- Pacientes con dilaceración radicular, hipercementosis u otras alteraciones.
- Pacientes con tracción canina seguida de los cuatro anteriores.

VI.5 Variables (ANEXO 2)

VI.5.1 Variable independiente

Orthospeed

- Definición conceptual: Compuesto que disminuye la fricción.
- Tipo de variable: Cualitativa.
- Dimensiones o categorías: Con/sin compuesto.
- Indicadores: Aplicación o no del compuesto.
- Escala de medición: Nominal.

VI.5.2 Variable dependiente

Tasa de retracción

- Definición conceptual: Velocidad por tiempo de retracción mensual.
- Tipo de variable: Cuantitativa.
- Dimensiones o categorías: mm de tracción/tiempo.
- Indicadores: Unidad de milímetros en por unidad de tiempo
- Escala de medición: Razón.

VI.5.3 Covariables

Mecánica de cierre

- Definición conceptual: Técnica empleada para el cierre de espacios.
- Tipo de variable: Cualitativa.
- Dimensiones o categorías: Friccional/no friccional.
- Indicadores: Cierre convencional/con miniimplantes.
- Escala de medición: Nominal.

Método de cierre

- Definición conceptual: Aditamentos empleados para generar la fuerza de cierre.
- Tipo de variable: Cualitativa.
- Dimensiones o categorías: Rápido/lento.
- Indicadores: Tieback Tipo 3/resorte de Niti.
- Escala de medición: Nominal.

VI.6 Técnicas y procedimientos

VI.6.1 Diseño del estudio

- A) Se ha confeccionado una hoja de encuesta para saber la población existente de pacientes a los cuales se les ha extraído premolares para su respectivo tratamiento ortodóntico (Anexo 1). Esta hoja será rellena con los datos de cada residente con el fin de saber la cantidad de pacientes que existe en general y la cantidad de pacientes que pueden ser candidatos para nuestro estudio.
- B) La aplicación de compuesto se hará según las indicaciones del fabricante y estudios hasta ahora realizados. Se seguirá la siguiente secuencia de tratamiento:
 - Fase de Alineación y nivelación de maloclusiones de clase I, II y III (tratamiento compensatorio cuando corresponda en los casos de clase II o III) según la secuencia de alambres pre-establecido por cada operador.
 - Fase de cierre de espacios, con la instalación de arcos de acero de 0.019x0.025” se decide proceder con una de las dos mecánicas siguientes:

- Mecánica convencional, donde el arco de acero tiene pines soldados a mesial de caninos para la tracción elástica desde los molares posteriores.
- Mecánica con miniimplantes, donde el arco de acero tiene pines soldados a mesial de caninos para la tracción elástica desde los miniimplantes.
- Fase de trabajo: Aplicación del compuesto siguiendo la siguiente secuencia: (Figuras 2-4 Anexo 1)
 - 1er control: Aplicación de compuesto en el slot del bracket, en el arco de acero 0.019x0.025" (sector posterior) y en ligaduras convencionales. Se aplicará el compuesto cada 30 días durante el tiempo que sea necesario para cerrar los espacios de extracción.
 - 2do control: Aplicación de compuesto en el slot del bracket, en el arco de acero 0.019x0.025" (sector posterior) y en las ligaduras metálicas. En este control se aplicará el compuesto cada 15 días hasta comprobar el cierre de espacios total (4-6 citas).
 - 3er control: Verificación de la ausencia de espacios y terminación de la fase de tratamiento activo (cierre de espacios).
- Medición quincenal/mensual de resultados.
 - Todos los pacientes incluidos en el estudio serán evaluados cada 15 días para analizar la cantidad de espacio cerrado en milímetros. Se calculará la tasa de cierre mensual y se realizarán comparaciones entre el grupo que utilizó el compuesto y el grupo control tanto si se utilizó mecánica convencional o con miniimplantes (anclaje esquelético).

VI.6.2 Técnica de medición de variables

- Para la medición de la distancia de cierre de espacios mensual se empleará un Vernier Digital Stainless Hardened de 6 pulgadas con calibrador digital de 15cms. de acero Lcd. (ANEXO 3)
 - Se determinará dos puntos iniciales antes de cerrar los espacios de extracción. Uno de ellos se ubicará distal del canino y otro a mesial del segundo premolar (puntos más sobresalientes del borde interproximal de cada pieza dentaria).

- Ubicados esos dos puntos se procede a la colocación de un compás de puntas secas y luego se mide dicha distancia con las puntas finas del vernier de tal forma que coincida con los puntos previamente medidos, esta medida será apuntada en la tabla Excel de mediciones iniciales de cada paciente.
 - Se coloca el arco de acero de 0.019x0.025” y se procede a la aplicación del compuesto según la técnica previamente descrita.
- Durante todas las pruebas se comprobó que los alambres no estén dañados y que estén bien aplanados en la mesa para evitar que se formen angulaciones que puedan crear ángulos de contacto crítico y puedan influenciar negativamente en los resultados. También se comprobó que los alambres estén en buen estado y sin la presencia de sarro o saliva antes de la aplicación del compuesto.
 - La cantidad de fuerza empleada y la activación de los tiebacks tipo 3 y resortes se hizo por los propios operadores que previamente fueron entrenados por los doctores asistentes que supervisan a los alumnos del postgrado.
 - No se pudo realizar una medición exacta de la fuerza pero en el caso de los tiebacks se estiró el elastic hasta que duplique dos veces su tamaño y en el caso de los resortes se estiraron hasta tres veces su tamaño inicial (los resortes fueron de 200 gramos).
 - El compuesto se aplicó en el slot de los brackets de premolares, en los tubos de primeros y segundos molares, en los alambres y en los elastics correspondientes en todas las pruebas. No se aplicó Orthospeed® en el sector anterior, salvo en los caninos en el caso donde se utilizó miniimplantes.

VI.6.3 Obtención de permisos para la ejecución del estudio

Para realizar el presente estudio en humanos se presentó el proyecto piloto al comité institucional de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Este ensayo clínico de N° 100507 que fue aceptado según la **constancia 375-11-17** para su elaboración. (ANEXO 4)

VI.6.4 Ejecución del estudio piloto

Se accedió a las historias clínicas de los posibles candidatos para el estudio y se buscó que cumplan con los criterios de inclusión. En total se encontraron 60 espacios de extracción de primeros premolares.

Cantidad para el estudio piloto: 10% de la muestra = 6 espacios de extracción

Cantidad para el estudio final: 60 espacios de extracción

Esta cantidad de pacientes se obtuvo por conveniencia ya que fue imposible encontrar la cantidad de pacientes necesarios para este estudio sobre todo los pacientes que aceptasen colocarse miniimplantes o en donde se requiera aplicar el compuesto.

Dificultades encontradas y cambios realizados

- Tiempo limitado para la recolección de datos y análisis (pocos pacientes).
- Pacientes con extracciones de premolares que no desearon participar en el estudio a pesar de hacerles una explicación clara y breve del proyecto.
- Pacientes con extracciones de premolares que en un primer momento participan en el estudio pero que luego por conveniencia clínica (obtención de clase I canina) se tuvo que cambiar la mecánica de cierre de espacios de una a dos fases.
- Pocos pacientes que desean que se les aplique el compuesto.
- Pocos pacientes que quieran cerrar sus espacios con miniimplantes.
- Pacientes que no acuden puntualmente a sus citas alterando la secuencia de la fase de trabajo. Se tuvo que eliminar del estudio a aquellos pacientes que desde un primer momento demoraron en acudir a sus citas más de un mes ya que nos estaría alterando la secuencia de la fase de trabajo.

Debido a estas dificultades se decidió realizar algunas modificaciones al estudio:

- Se realizó la medición de 20 espacios en donde no se aplicó el compuesto de baja fricción y solo en 10 espacios donde si se aplicó el compuesto de baja fricción. Esto se hizo previa calibración y capacitación por el asesor del estudio.
- Se tuvo que hacer un corte en la medición y obtención de datos porque algunos pacientes que en un primer momento acudían normalmente a sus citas comenzaron a faltar y por lo tanto se analizó solo el tiempo y cantidad de espacio obtenido hasta ese momento.

VI.7 Plan de análisis de datos

VI.7.1 Reconocimiento de variables

En nuestro estudio existen dos tipos de variables:

Dependientes: caracterizados por la tasa de retracción mensual en un periodo de tiempo (VCM) de naturaleza cuantitativa.

Independientes: caracterizados por el compuesto de baja fricción (Orthospeed®) de naturaleza cualitativa; la mecánica de cierre de espacios (convencional o con Mini-implantes) de naturaleza cualitativa y el método de cierre de espacios (tieback o con resortes) de naturaleza cualitativa.

VI.7.2 Test de hipótesis previas

- a) Estadística descriptiva, hallaremos la media, la desviación standard, el mínimo y máximo elemento.
- b) Test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de la muestra.

VI.7.3 Pruebas paramétricas

A) Tabla de comparaciones:

B) Test Paramétricos de comparación

Muestra	Test paramétricos	Variabes a comparar
Independientes 4 grupos	ANOVA para muestras independientes POST - HOC	1. Convencional/Miniimplantes con Orthospeed. 2. Convencional/Miniimplantes sin Orthospeed.
Independientes 2 grupos	T de Student para muestras independientes	1. Mecánica de cierre con Orthospeed 2. Mecánica de cierre sin Orthospeed
Independientes 2 grupos	T de Student para muestras independientes	1. Mecánica de cierre con MI 2. Mecánica de cierre sin MI
Independientes 2 grupos	T de Student para muestras independientes	1. Mecánica de cierre con tieback 2. Mecánica de cierre con resortes

VI.7.4 Análisis de datos

Obtenidos los datos en la hoja de cálculo Microsoft Excel, se procederá a tabularlos de acuerdo a las variables obtenidas en el programa estadístico IBM SPSS Statistics

23.0.0 para realizar todas las pruebas estadísticas correspondientes. Se considerará un $p \leq 0.5$ para alcanzar la significancia estadística.

VI.8 Consideraciones éticas

El presente trabajo tiene como fin considerar las características del cierre de espacios con y sin la presencia de Orthospeed, un compuesto químico que ya se viene utilizando en Europa desde hace más de 5 años atrás con notables resultados en el tratamiento de pacientes con tratamiento ortodóntico. Este compuesto ha demostrado, en estudios previos *in vitro* que disminuye la fricción en la etapa de alineación y nivelación; además, ayuda a disminuir la inflamación. Por lo tanto, este proyecto es presentado al CIE para su respectiva evaluación y será ejecutado una vez haya sido aprobado por el mismo, asimismo me acojo a las normas y consideraciones que el comité de ética crea conveniente para su respectivo desarrollo.

Por otra parte, se tomarán en cuenta los datos de confidencialidad, los cuales están sostenidos por la ley de protección de datos 15/1999.

VII. RESULTADOS

Los resultados serán analizados siguiendo el siguiente esquema

1. Características generales de la muestra
2. Comparación de los criterios de normalidad
3. Comparación estadística ANOVA para muestras independientes
4. Comparación estadística según el uso del compuesto
5. Comparación estadística según la mecánica de cierre
6. Comparación estadística según la técnica de cierre
7. Tasa de cierre mensual de todas las variables

VII.1 Características generales de las muestras

Este estudio se basó en la obtención de 60 espacios de extracción de pacientes atendidos en el servicio de ortodoncia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia entre las edades de 12-30 años que cumplieron los criterios de inclusión, pero se seleccionó solo 30 pacientes debido a los problemas previamente detallados. La muestra fue dividida en 20 pacientes donde no se aplicó el compuesto y 10 donde si se aplicó el compuesto. Todos los datos fueron recolectados por un solo operador y se ingresaron en una hoja de cálculo Microsoft Excel.

En la tabla N°1 se observa la base de datos con las mediciones de la cantidad de espacio cerrado según se utilizó o no el compuesto y con mecánicas de deslizamiento convencional (CV) o con miniimplantes (MI) de cada sujeto que participó en el estudio, una vez obtenida la distancia total cerrada y el tiempo en que se analizó se halló la velocidad de cierre mensual (VCM) de cada espacio analizado. (ANEXO 5)

En la tabla N°2 se observa el promedio de la velocidad de cierre mensual (VCM) independientemente de si se aplicó o no compuesto. Se encontró que los espacios de extracción se cerraron en promedio a una velocidad de 0.46 mm/mes de evaluación.

Tabla 2. Descriptivos de las variables según VCM

	N	Mínimo	Máximo	Media	DS
VCM	30	,080	1,000	,46557	,215398
N válido (por lista)	30				

Tabla 2. Media, mínimo y máximo valores de la VCM de los treinta espacios analizados.

VII.2 Pruebas de normalidad de las muestras

Para determinar si las variables cumplían los parámetros de normalidad decidimos hacer la prueba de Shapiro-Wilk para las muestras (Tablas 3-5).

En la Tabla N° 3 se observa la prueba de normalidad de las muestras según el uso del compuesto. Se encontró que cumplen con los criterios de normalidad; por lo tanto, utilizaremos pruebas paramétricas para valoración del compuesto. (Gráfico 1)

Tabla 3. Pruebas de normalidad según el compuesto

Orthospeed		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VCM	con compuesto	,295	10	,014	,858	10	,073
	sin compuesto	,199	20	,037	,879	20	,017

a. Corrección de significación de Lilliefors

Gráfico 1. Gráficos de normalidad según el uso del compuesto

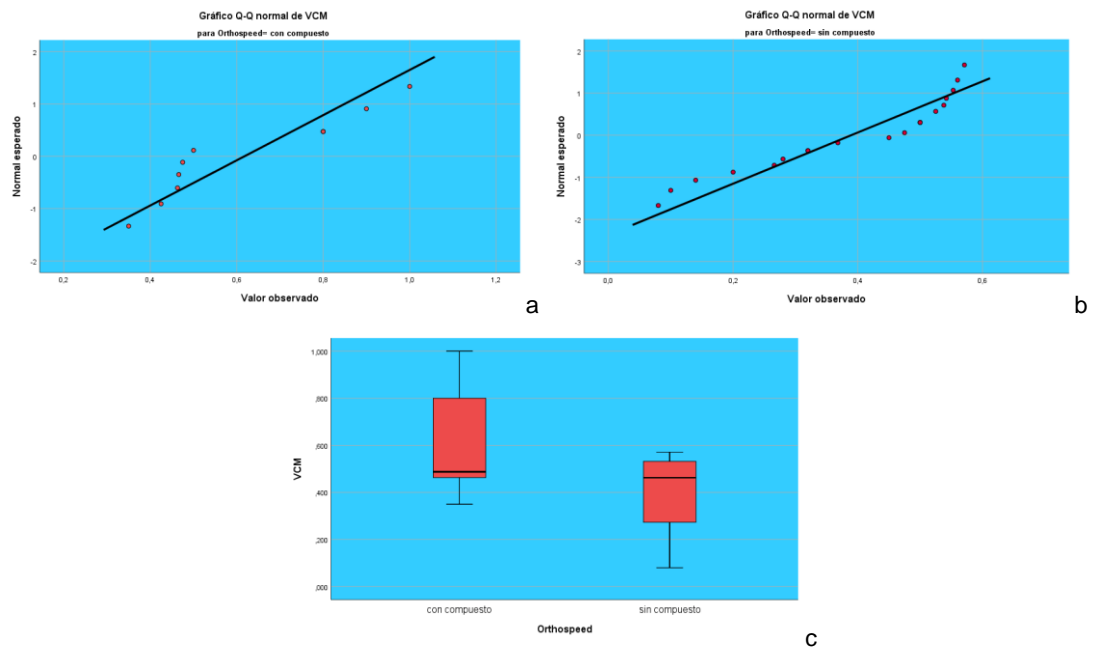


Gráfico 1. En a y b se observa los cuadros de distribución normal de las muestras con y sin compuesto y en c el diagrama de cajas según la velocidad de cierre mensual.

En la tabla N° 4 se observa la prueba de normalidad de las muestras según la mecánica de cierre de espacios, dando como resultado que cumple con los criterios de normalidad; por lo tanto, utilizaremos pruebas paramétricas para su evaluación. (Gráfico 2)

Tabla 4. Pruebas de normalidad según la mecánica de cierre

Mecánica	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VCM Convencional	,127	18	,200*	,948	18	,393
Miniimplantes	,307	12	,003	,742	12	,002

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Gráfico 2. Cuadros de normalidad según la mecánica de cierre de espacios

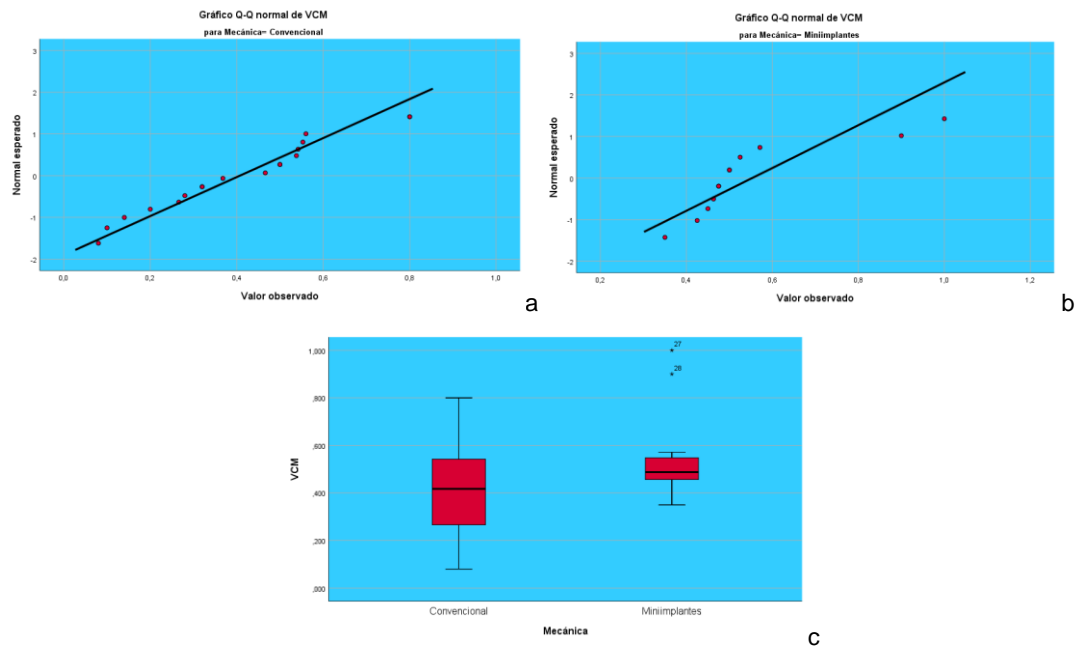


Gráfico 2. En a y b se observa los cuadros de distribución normal de las muestras con mecánica convencional y miniimplantes y en c el diagrama de cajas según la velocidad de cierre mensual.

En la tabla N° 5 se observa la prueba de normalidad de las muestras según el método de cierre de espacios, dando como resultado que cumple con los criterios de normalidad; por lo tanto, utilizaremos pruebas paramétricas para su evaluación. (Gráfico 3)

Tabla 5. Pruebas de normalidad según el método de cierre

Método	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VCM Tieback	,131	24	,200*	,956	24	,362
Resortes	,352	6	,020	,770	6	,031

Gráfico 3.

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadros de normalidad según el método de cierre de espacios

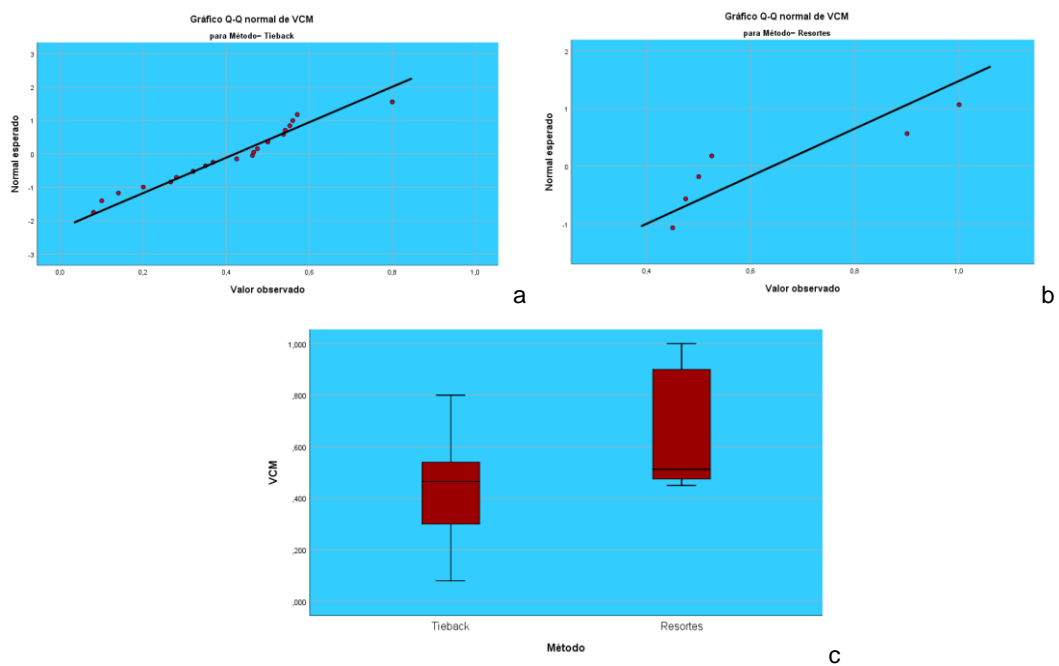


Gráfico 3. En a y b se observa los cuadros de distribución normal de las muestras según tieback y resortes respectivamente y en c el diagrama de cajas según la velocidad de cierre mensual.

VII.3 Comparación estadística ANOVA para muestras independientes

En la Tabla N° 6, se observa el test de ANOVA para muestras independientes, el cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 6. Test de ANOVA

VCM	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,348	1	,348	9,772	,004
Dentro de grupos	,997	28	,036		
Total	1,345	29			

VII.4 Comparación de variables según se utilizó o no el compuesto

En la Tabla N° 7, se observa la comparación de un total de treinta muestras de los cuales en diez se utilizó compuesto y en veinte sin compuesto. En promedio se encontró que cuando se utilizó el compuesto la velocidad de cierre mensual (VCM) fue mayor (0.6179mm x mes) que cuando no se utilizó el compuesto (0.3894mm x mes). El compuesto de baja fricción Orthospeed® disminuyó la fricción de manera estadísticamente significativa en todas las pruebas. (Gráficos 4 y 5)

Tabla 7. Descriptivos de las variables según el uso del compuesto

	Orthospeed®	N	Media	Desviación
VCM	Con compuesto	10	,61790	,231486
	Sin compuesto	20	,38940	,164659

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas			Prueba t de igualdad de medias		
		f	Sig	t	gl	Sig (bilateral)
VCM	Se asumen varianzas iguales	4,435	,044	3,126	28	,004
	No se asumen varianzas iguales			2,789	13,714	

Tabla 7. T de Student para muestras independientes que muestran diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Gráfico 4. Diagrama de cajas de la VCM utilizando el compuesto en los dos tipos de mecánica de cierre de espacios.

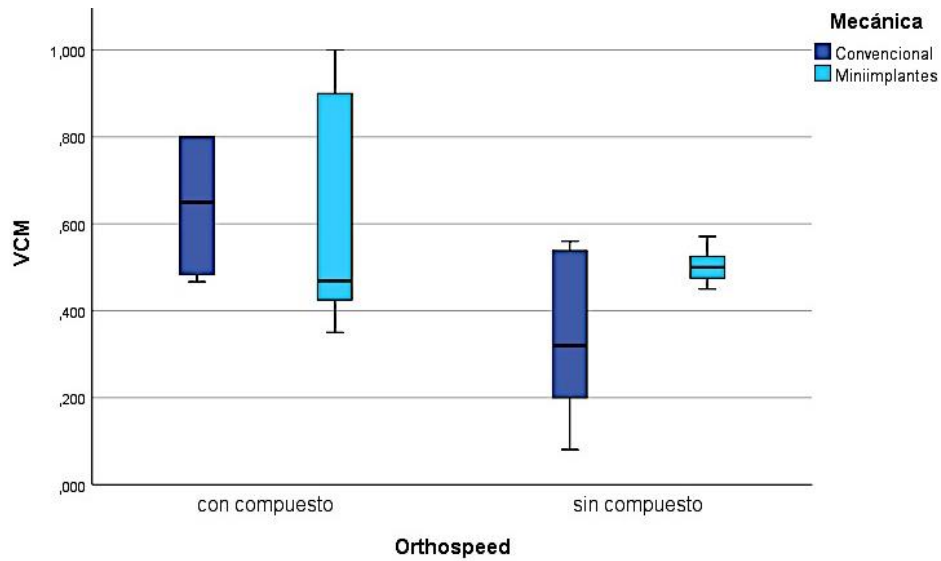


Gráfico 4. Este gráfico muestra que el uso del compuesto tiene una mayor velocidad de cierre mensual (VCM) utilizando Orthospeed, siendo mayor la VCM utilizando miniimplantes seguido de la mecánica convencional. Por otra parte, sin utilizar Orthospeed® también se encontró una mayor VCM utilizando miniimplantes seguido de mecánica convencional. Se asume que el mayor cierre de espacio mensual se dio debido a que el cierre con MI y con compuesto se utilizó resortes de Nitinol, mientras que en las otras pruebas se utilizó solo retroligaduras tieback.

Gráfico 5. Diagrama de cajas de la VCM utilizando el compuesto en los dos tipos de métodos de cierre de espacios.

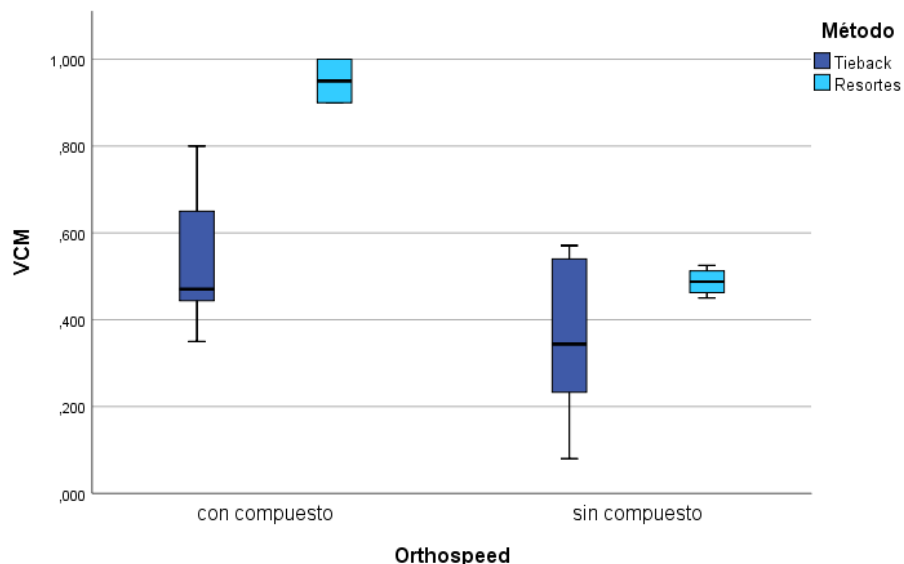


Gráfico 4. Este gráfico muestra que el uso del compuesto tiene una mayor velocidad de cierre mensual (VCM) utilizando Orthospeed®, siendo mayor la VCM utilizando resortes.

VII.5 Comparación de medias según la mecánica de cierre de espacios

En la **Tabla Nº 8**, se observa la comparación de medias entre mecánica convencional y miniimplantes. En promedio se encontró que utilizando miniimplantes la velocidad de cierre mensual (VCM) fue mayor (0.5528mm x mes) que con mecánica convencional (0.4073mm x mes). La prueba t de Student mostró que no existen diferencias significativas entre los tipos de cierre de espacios. (Gráficos 6 y 7)

Tabla 8. Descriptivos según la mecánica de cierre

	Mecánica	N	Media	Desviación
VCM	Convencional	18	,40739	,213895
	Miniimplantes	12	,55283	,194332

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas			Prueba t de igualdad de medias		
		F	Sig	t	gl	Sig (bilateral)
VCM	Se asumen varianzas iguales	,849	,365	-1,89	28	,069
	No se asumen varianzas iguales			-1,92	25,275	,065

Tabla 8. T de Student para muestras independientes que no muestran diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Gráfico 6. Diagrama de cajas de la VCM con las mecánicas de cierre en los dos tipos de métodos de cierre de espacios.

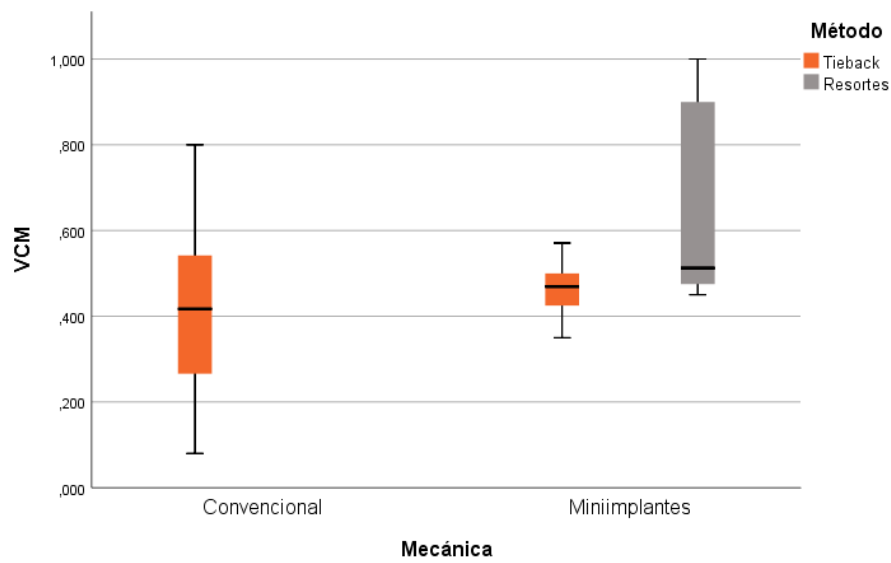


Gráfico 6. Este gráfico muestra que los resortes se utilizaron en conjunto solo con los miniimplantes para cerrar los espacios y tuvieron la mayor velocidad de cierre mensual (VCM) en algunos casos aislados. Sin embargo la media del cierre de espacios con mecánica convencional y miniimplantes no tuvo diferencias significativas sobre todo cuando se comparó utilizando tiebacks.

Gráfico 7. Diagrama de cajas de la VCM con las mecánicas de cierre en los dos tipos de métodos de cierre de espacios.

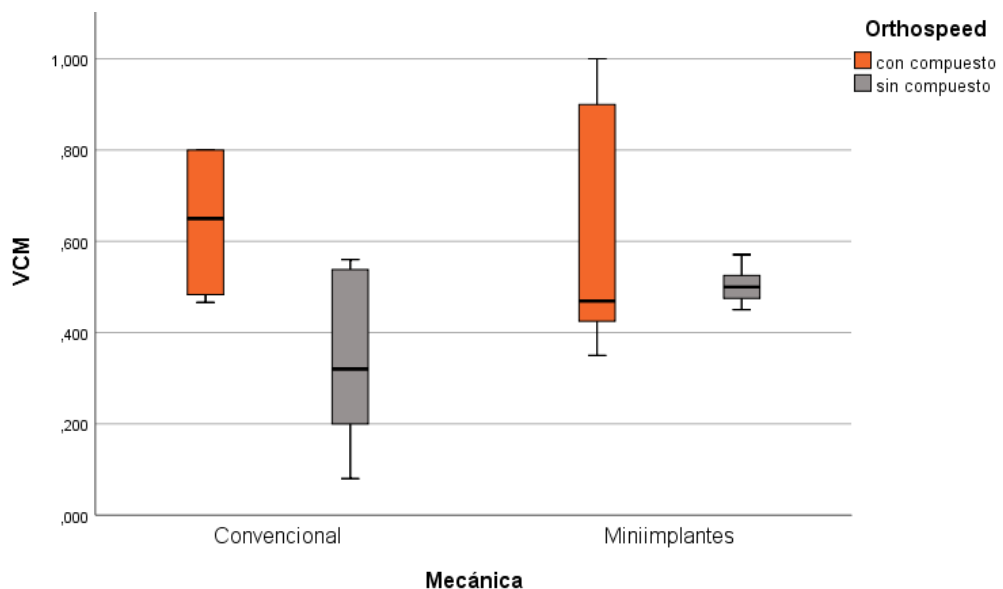


Gráfico 7. Este gráfico muestra la media de los dos tipos de mecánica convencional siendo mayor la velocidad de cierre mensual (VCM) sobre todo cuando utilizamos el compuesto Orthospeed.

VII.6 Comparación de medias según el método de cierre de espacios

En la **Tabla Nº 9**, se observa la comparación de medias entre los métodos de cierre de espacio tiebacks y resortes. En promedio se encontró que utilizando resortes la velocidad de cierre mensual (VCM) fue mayor (0.6417mm x mes) que con tiebacks (0.4215mm x mes). La prueba t de Student mostró que existen diferencias significativas entre los dos métodos para cerrar espacios. (Gráficos 8 y 9)

Tabla 9. Descriptivos según el método de cierre

	Método	N	Media	Desviación
VCM	Tieback	24	,42154	,188769
	Resortes	6	,64167	,242212

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas			Prueba t de igualdad de medias		
		F	Sig	t	gl	Sig (bilateral)
VCM	Se asumen varianzas iguales	1,311	,262	-2,41	28	,022
	No se asumen varianzas iguales			-2,07	6,601	,079

Tabla 9. T de Student para muestras independientes que muestran diferencias estadísticamente significativas entre las muestras.

Gráfico 8. Diagrama de cajas de la VCM según el método de cierre

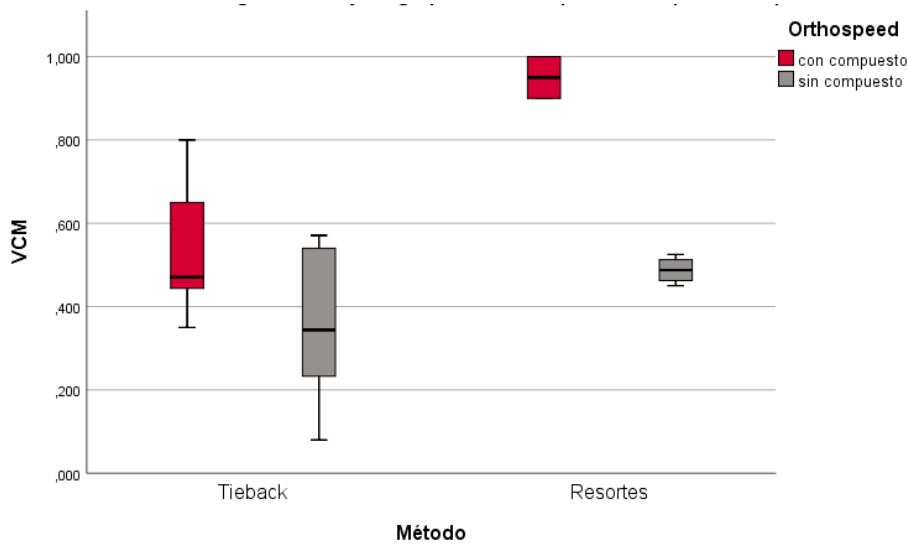


Gráfico 8. Este gráfico muestra la media de los dos tipos de métodos de cierre de espacios en combinación con el compuesto Orthospeed®. Se observa que la mayor velocidad de cierre mensual (VCM) se consiguió con el uso de resortes con compuesto, seguido de los tiebacks con compuesto y luego resortes sin compuesto y tiebacks sin compuesto respectivamente.

Gráfico 9. Diagrama de cajas de la VCM según el método de cierre

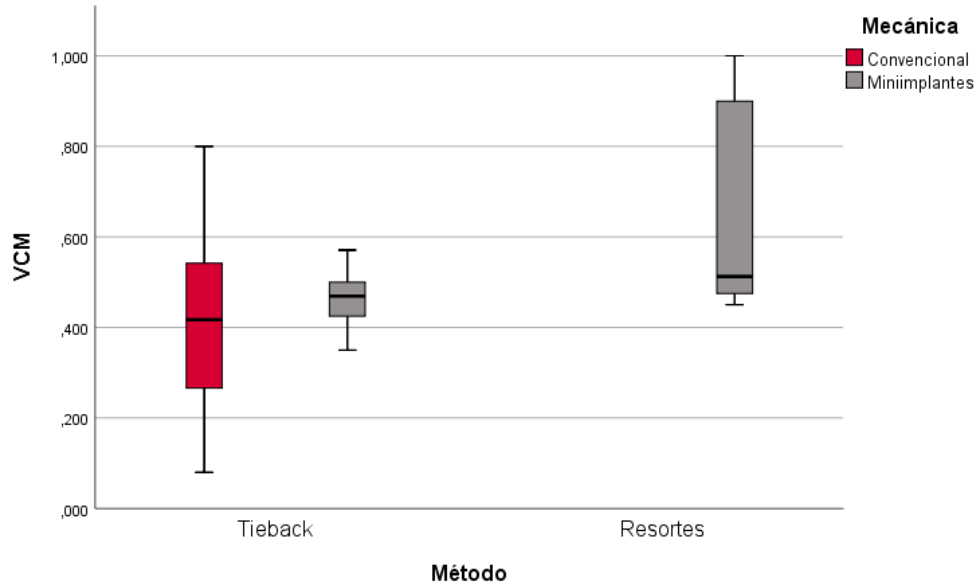


Gráfico 9. Este gráfico muestra la media de los dos métodos de cierre de espacios en combinación con la mecánica. Se observa que la mayor velocidad de cierre mensual (VCM) se consiguió con el uso de resortes con miniimplantes y de los dos otros métodos casi por igual utilizando tiebacks con miniimplantes y mecánica convencional.

VII.7 Tasa de cierre mensual

Al evaluar la tasa de cierre mensual se pudo observar que el uso del compuesto tuvo una mayor influencia en la velocidad de cierre mensual en general.

Tabla 10. Tasa de cierre mensual con y sin el uso de compuesto

Orthospeed®	Σ Espacio cerrado	Σ Tiempo de cierre	Total
Con Orthospeed®	18.602 mm	36 meses	18.602/36 = 0.52mm/mes de observación
Sin Orthospeed®	61.076mm	138 meses	61.1/138 = 0.44mm/mes de observación

Tabla 10. La velocidad de cierre mensual es mayor que cuando no se utilizó el compuesto Orthospeed®.

Al evaluar la tasa de cierre mensual según el tipo de maxilar se pudo observar que la tasa de cierre mensual es parecida entre ambos maxilares, siendo la tasa del maxilar levemente mas rápido que en la mandíbula.

Hueso	Σ Espacio cerrado	Σ Tiempo de cierre	Total
Maxilar	51.0mm	107 meses	51/107 = 0.48mm/mes de observación
Mandíbula	28.7mm	67 meses	28.7/67 = 0.43mm/mes de observación

VIII. DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue evaluar el tiempo mensual que tarda en cerrarse los espacios de extracción de primeros premolares utilizando o no un compuesto de baja fricción Orthospeed®, además se evaluó si el compuesto influye en la mecánica (convencional o miniimplantes) y en el método (tieback o resortes) para cerrar dichos espacios en pacientes de 10-26 años con maloclusiones de clase I, II o III de la clínica dental docente UPCH, de los cuales en diez se utilizaron compuesto de baja fricción (Orthospeed) y en veinte sin compuesto.

Se hizo una comparación de los pacientes que utilizaron compuesto contra los que no utilizaron compuesto. Para esto se halló la velocidad de cierre de espacios mensual que tardó en cada prueba y se hicieron las comparaciones respectivas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Esto indica que el compuesto podría mejorar la velocidad de cierre de espacios mensual en todos los casos. Se observó una tendencia en el tiempo por el cual, el compuesto podría influenciar en cerrar más rápido los espacios (0.52mm/mes de observación con Orthospeed® en comparación a 0.44mm/mes de observación sin compuesto).

Dixon et al.⁵⁹ Compararon el cierre de espacios utilizando retroligaduras (Tieback), cadenas de poder y resorte de níquel titanio, encontraron que en promedio las retroligaduras tieback cerraban 0.35mm por mes de observación, las cadenas de poder 0.58mm y los resortes 0.81mm por mes de observación.

En nuestro estudio se utilizaron retroligaduras tieback y resortes para cerrar los espacios de extracción. Encontramos que en promedio utilizando tiebacks la velocidad de cierre mensual fue de 0.42mm/mes de observación mientras que utilizando resortes encontramos una velocidad de cierre mensual de 0.64mm/mes de observación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando se utilizó resortes en combinación con Orthospeed® se encontró una velocidad de cierre de hasta 1mm/mes de observación en algunos casos aislados. Esto indica que el compuesto podría influenciar en un mejor desempeño del cierre de espacios con mecánica convencional o miniimplantes utilizando resortes. Además, encontramos igual que Dixon que el uso de resortes de Níquel titanio influía de manera significativa en el cierre de espacios, pero el efecto es aún mejor cuando se utiliza el compuesto Orthospeed®.

Norman et al.⁶⁰ Encontraron una tasa de cierre de espacios mensual de 0.58mm/mes con resortes de Níquel titanio y 0.85mm/mes de activación con resortes de acero inoxidable. Nosotros encontramos que utilizando resortes de níquel titanio en

promedio se cerraba 0.64mm/mes de activación en toda la muestra en general pero en los casos donde se utilizó el compuesto se vio que los espacios se cerraban hasta en una VCM de 1mm/mes de activación.

Cuando se comparó la mecánica de cierre de espacios ya sea convencional o con miniimplantes no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las pruebas, esto indica que la mecánica de cierre de espacios no influye en la velocidad de cierre de espacios en sí, sino más bien los miniimplantes nos aseguran un mejor control del anclaje. Obviamente no podemos descartar que combinando la mecánica con miniimplantes/compuesto/resortes sería la mejor combinación para una mecánica más eficiente durante la segunda fase del tratamiento ortodóntico.

En el presente estudio se observó un comportamiento muy parecido en cuanto a la influencia de la fricción en ambas mecánicas de cierre de espacios. A pesar, que en la mayoría de las mediciones utilizando el compuesto el cierre de espacios mensual fue mayor no se encontraron diferencias estadísticamente significativas; esto podría darse debido a que los pacientes tanto donde se aplicó o no el compuesto no asistían puntualmente a sus citas, llevándonos a modificar muchas veces los tiempos programados. Asimismo, muchos pacientes tuvieron que cambiar la secuencia de cierre de espacios, es decir de máxima retracción pasaron a retracción de solo caninos y en algunos casos para realizar máxima protracción. Todo esto influye de manera negativa en este estudio, es por eso que esos pacientes tuvieron que ser eliminados de la base de datos.

También debemos mencionar que en este estudio la fuerza empleada y la técnica de colocación de los aditamentos (tiebacks o resortes) se hizo por el operador responsable de cada caso (residentes del postgrado de ortodoncia) mientras que el investigador solo hacía las mediciones del espacio mensual en todas las muestras para evitar cualquier influencia sobre los resultados.

Asimismo, es importante recalcar que el tamaño muestral (treinta espacios de extracción) es otro factor que podría estar influenciando en los resultados. Es probable que aumentando el tamaño muestral e igualando los factores a comparar se encuentren mejores resultados a futuro. Sin embargo, podemos concluir que el compuesto de baja fricción definitivamente tiene alguna influencia positiva en el tiempo que tarda en cerrarse los espacios de extracción.

En un metaanálisis y revisión sistemática realizada en el 2017, se encontró que tanto la retracción en masa como la de dos pasos son métodos efectivos para cerrar los espacios. Sin embargo, la retracción en masa es superior en la preservación del

anclaje y retracción del sector anterior si se utiliza junto con minitornillos en comparación con la retracción de dos pasos combinada con métodos de anclaje convencionales. La evidencia limitada sugiere que el método de cierre en masa resulta en un tratamiento más rápido. Parece ser que la mecánica de cierre de espacios con el uso de miniimplantes tiene un mejor efecto positivo en el cierre de espacios sin pérdida de anclaje. Sin embargo, se necesitan más estudios que comparen directamente las dos técnicas de retracción. Nosotros también consideramos que la utilización de Miniimplantes nos asegura el anclaje y que el cierre activo utilizando resortes de níquel titanio y compuesto Orthospeed®, podría dar como resultado una mecánica más eficiente para cerrar los espacios en el menor tiempo posible.⁶¹

Estudios in vitro demostraron que el compuesto es más efectivo en alambres de acero que en TMA o Elgilloy, esto se debe quizás a la rugosidad superficial de los alambres de acero que es mínima pero también al efecto lubricante y cobertura superficial que indica la literatura con respecto a este compuesto.⁵⁷ Asimismo otros estudios encontraron que el compuesto disminuye la fricción de los alambres Sentalloy de 0.014" y los alambres turbo® rectangulares de 0.017x0.025" más que en presencia de saliva artificial.⁶¹

Estudios previos indican que el compuesto Orthospeed es un acelerador del movimiento dentario ya que en la fase de alineación y nivelación se realiza una corrección del apiñamiento en tan solo un tercio del tiempo que cuando no se utiliza el compuesto.³⁵ Otros estudios in vitro indican que el compuesto de baja fricción Orthospeed disminuyó la fricción de manera significativa sobre todo utilizando alambres de acero, siendo menor en alambres de Níquel titanio y casi nada en alambres de TMA.⁵⁷ Debido a estos hallazgos creemos que el compuesto Orthospeed® nos asegura el tratamiento de principio a fin haciendo que podamos llevar un tratamiento más efectivo en todas las fases del tratamiento; sin embargo, creemos que son necesarias más investigaciones para confirmar esto.

IX. CONCLUSIONES

1.- El compuesto de baja fricción Orthospeed® da como resultado una tasa de cierre de espacios mayor que cuando no se utilizó dicho compuesto.

2.- El uso de miniimplantes y resortes de níquel titanio producen la mayor velocidad de cierre de espacios, más aún en la presencia del compuesto de baja fricción Orthospeed®.

3.- La mayor velocidad de cierre mensual de espacios se observó utilizando miniimplantes y resortes de Nitinol con compuesto seguido del cierre de espacios con miniimplantes y resortes sin compuesto, seguido del cierre de espacios con mecánica convencional con compuesto y por ultimo con mecánica convencional y retroligaduras tieback sin compuesto. La combinación de miniimplantes y resortes producen la mayor cantidad de cierre de espacios mensual, sobre todo cuando se utiliza Orthospeed®.

X. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios recomendamos ampliar el tamaño muestral y equilibrar la cantidad de muestra a comparar para evitar sesgos durante del estudio y sobrevalorar cualquier resultado encontrado.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moore M. Factors affecting friction in the pre-adjusted appliance. *Eur J Orthod.* 2004;26:579-83.
2. Tidy D. Frictional forces in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96:249-54.
3. O'Reilly D, Dowling P. An ex-vivo investigation into the effect of bracket displacement on the resistance to sliding. *Br J Orthod.* 1999;26(3):219-27.
4. Reitan A., Kvan E. Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod.* 1971;41(1):1-14.
5. Suarez D. Arco recto de baja fricción. *Ortodoncia Española.* 2005;45(2):83-92.
6. Cervera A. Fricción en arco recto. *Biomecánica básica. Rev Esp Ortod.* 2003;33:65-72.
7. Matarese G., Nucera R., Militi A. Evaluation of frictional forces during dental alignment: An experimental model with 3 nonleveled brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:708-15.
8. Edwards R. The effect upon friction of the degradation of orthodontic elastomeric modules. *Eur J Orthod.* 2012;34(5):618-24.
9. Griffiths H., Sherriff M. Resistance to sliding with 3 types of elastomeric modules. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.* 2005;127:670-75.
10. Krim J. Surface science and the atomic-scale origins of friction: what once was old is new again. *Surface Science.* 2002;500:741-58.
11. Rossoun E. A fundamental review of variables associated with low velocity frictional dynamics. *Seminars orthod.* 2003;9(4):223-35.
12. Braunchi L., Senn C. Active and passive self-ligation - a myth? *Angle Orthod.* 2011;81:312-318.
13. Kusy R., Whitley J. Friction between different wire-bracket configurations and materials. *Semin Orthod* 1997;3:166-77.
14. Whitley J., Kusy R. Influence of interbracket distances on the resistance to sliding of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132:360-362.
15. Bo-Sun K., Seung-Hak B. Three-dimensional relationship between the critical contact angle and the torque angle. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123:64-73.
16. Kusy R., Withley JQ. Influence of archwire and brackets dimensions on sliding mechanics: derivation and determinations of the critical contact angles for binding. *Eur J Orthod.* 1999;21:199-08.
17. Burrow J. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135:422-47.
18. Frank C., Nikolai RJ. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and archwire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1980;78:593-09.
19. Chimenti C., Franchi L. Friction of orthodontic elastomeric ligatures whit different dimensions. *Angle Orthod.* 2005;75:421-25.
20. Proffit W., Field H. *Ortodoncia Contemporánea.* 4a Ed. Barcelona: Elsevier España S.L.; 2008.

21. Kapila S, Angolcar P, Duncanson M. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98:117-26.
22. Doshi U, Wasundhara A. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:74-9.
23. Chimenti C, Franchi L. Friction of orthodontic elastomeric ligatures whit different dimensions. *Angle Orthod.* 2005;75:421-25.
24. Kusy R. Comparison of the frictional coefficients for selected archwire-bracket slot combinations in the dry and wet states. *Angle Orthod.* 1991;61(4):293-02.
25. Chin Liang Yeh. In vitro evaluations of fricctional resistance between brackets with passive-ligation designs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;31:704.e11-704.e22.
26. Kusy R, Whitley J. Comparisons of surface roughnesses and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA-type archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126:589-03.
27. Fisher H, Souni M. Transformation behavior, chemical composition, surface topography and bending properties of five selected 0.016 x 0.022 NiTi archwires. *J Orofac Orthop.* 2003;64:88-99.
28. Chin Liang Yeh. In vitro evaluations of fricctional resistance between brackets with passive-ligation designs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:704.e11-704.e22
29. Kula K. Effect of implantation of TMA archwires on the rate of orthodontic sliding space closure. *Am J Ortho Dentofacial Orthop.* 1998;114:577-81.
30. Ryan R, Walker G, Freeman K, Cisneros G. The effects of ion implantation on rate of tooth movement: An in vitro model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(1):64-8.
31. Redlich M. el al. In Vitro study of frictional forces during sliding mechanics of reduced friction brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003,1:69-73.
32. Kusy R. Whitley J. Surface roughness of orthodontic archwires via laser spectroscopy. *Angle Orthod.* 1988; 58(1):33-45.
33. Proski R., Bagby M. Static frictional force and surface roughness of nickel-titanium arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100(4):341-8.
34. Brantley W. *Orthodontic Materials: Scientific and clinical aspects.* 1a Ed. New York: Editorial Thieme. Stuttgart; 2001.
35. Alió Sanz en Expoorto 09: Análisis de fiabilidad y validación científica en la fase de nivelación del JAL 90458 como producto que disminuye la fricción en el tratamiento con aparatos fijos multibrackets. 1a Ed. Madrid: Editorial Ripano S.A. 2009.
36. Saunders C, Kusy R. Surface topography and frictional characteristics of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(1):76-87.
37. Hidei Loi, Yumi Yanase. Frictional resistance in plastic preadjusted brackets ligated with low-friction and conventional elastomeric ligatures. *J Orthod.* 2009;36:17-22.
38. Omana H, Moore R. Frictional properties of metal and ceramic brackets. *J Clin Orthod.* 1992;26(7):425-32.
39. Ulema G. Jacob H. Understanding the basis of space closure in Orthodontics for a more efficient orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod.* 2016;21(2):115-25.

40. Marcipar AC. Cierre de espacios. Monografía presentada al programa de especialización en ortodoncia. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Ortodoncia; 2005.
41. Mumen Z., Hisham M. Effectiveness of en masse versus two-step retraction: a systematic review and meta-analysis. *Progress in orthodontics*. 2017;18(41):2-11.
42. Bourauel C, Fries T, Drescher D. Surface roughness of orthodontics wires via atomic force microscopy, laser reflectance and profilometry. *Eur J Orthod*. 1998;20:79-92.
43. Harradine N. Self-ligating brackets and treatment efficiency. *Clin Orthod Res*. 2001;4:220-27.
44. Kusy R, Whitley J. Friction between different wire-bracket configurations and materials. *Semin Orthod*. 1997;3:166-77.
45. Braun S, Bluestein M. Friction in perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;115(6):619-27.
46. Nanda R. Biomecánica en Ortodoncia Clínica. 1ra Ed. Madrid: Editorial Panamericana. 1998.
47. Marassi C, Mini-implantes ortodônticos como auxiliares da fase de retração anterior R *Dental Press Ortodon Ortop Fac* 2008;13(5):57-75.
48. Burstone CJ, Farzin-Nia F. Production of low-friction and colored TMA by ion implantation. *J Clin Orthod*. 1995;29(7):453-61.
49. Kula K. Effect of implantation of TMA archwires on the rate of orthodontic sliding space closure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(5):577-81.
50. Zufall S, Kusy R. Sliding mechanics of coated composites wires and the development of an engineering model for binding. *Angle Orthod* 2000;70(1):34-47.
51. Gil FJ, Solano E, Campos A. Improvement of the friction behaviour of NiTi orthodontic arch wires by nitrogen diffusion. *Bio-Medical Materials and Engineering*. 1998;8: 335-42.
52. Kusy RP, Tubin EJ. Frictional coefficients of ion-implanted alumina against ion-implanted beta-titanium in the low load, low velocity, single pass regime. *Dent Mater*. 1992;8(3):167-72.
53. Boccio F, Gil F. Optimización superficial de alambres de ortodoncia de Ni- Ti superelástico mediante nitruración gaseosa. Parte II: Cuantificación de la mejora de la nanodureza y el coeficiente de fricción. *Biomecánica* 1999;7(13):39-45.
54. Redlich M, Katz A, Rapoport L. Improved orthodontic stainless steel wires coated with inorganic fullerene-like nanoparticles of WS₂ impregnated in electroless nickel-phosphorous film. *Dent Mater*. 2008;24:1640-46.
55. Neuman P., Bourauel C. Corrosion and permanent fracture resistance of coated and convencional orthodontic wires. *J Mater Sci Mater Med*. 2002;13(2):141-47.

56. Alió J., Claros M. *In vitro* comparative study on the friction of stainless steel wires with and without Orthospeed® (JAL 90458) on an inclined plane. *J Clin Exp Dent*. 2016;8(2):e141-5.
57. Vargas M. Evaluación clínica del dolor en el tratamiento ortodóncico: Una comparación del sistema multibrackets de baja fricción con orthospeed versus el sistema mutibrackets baja fricción sin orthospeed. Tesina. 2013.
58. Rosas E. Influencia de Orthospeed sobre la resistencia friccional con los alambres utilizados en ortodoncia Sentalloy de 0.014" y turbo 0.017x0.025". Estudio in vitro. Tesis 2017.
59. Dixon V., Read J. A randomized clinical trial to compare three methods of orthodontic space closure. *Journal of Orthodontics*. 2002;29:31-36.
60. Norman N. Nickel titanium spring versus stainless steel springs: A randomized clinical trial of two methods of space closure. *J Orthod*. 2016;43:176-85.
61. Rizk M. Mohammed H. Effectiveness of en masse versus two-step retraction: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod*. 2017;18(41):1-11.

ANEXO 1

FIGURAS

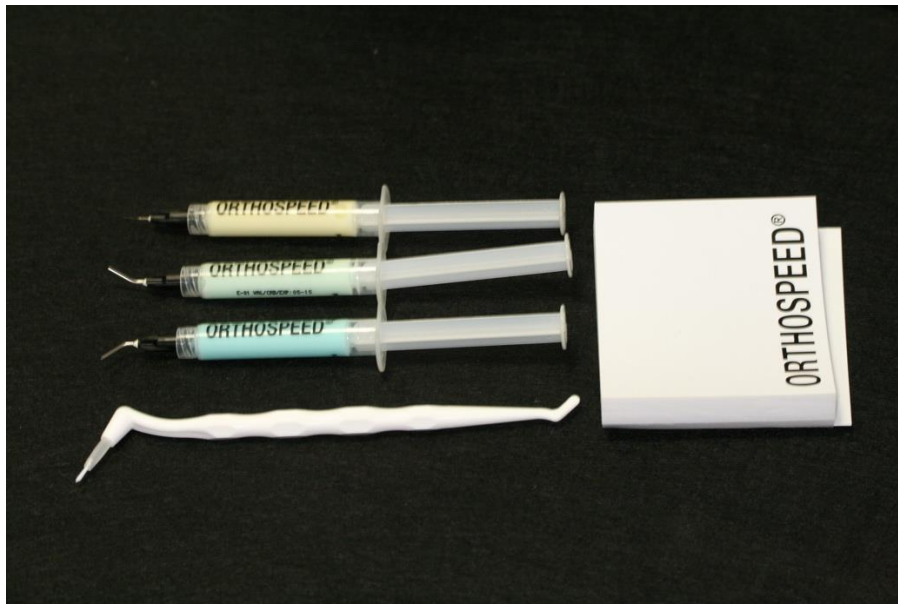


Figura 1. Orthospeed® System. Acelerador del movimiento dentario

GUÍA DE APLICACIÓN DE ORTHOSPEED®

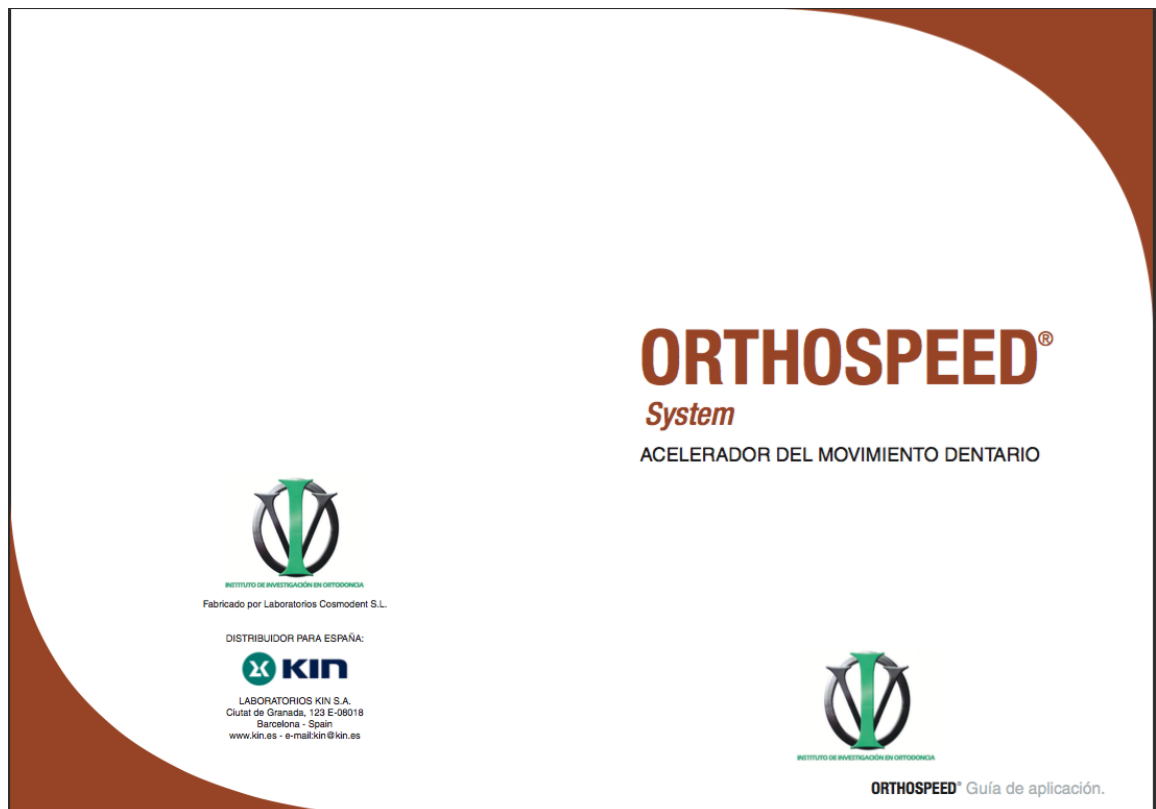


Figura 2. Guía de aplicación Orthospeed System® realizado por el instituto de investigación en ortodoncia.

ORTHOSPEED® Guía de aplicación.

INTRODUCCIÓN:

Después de varios años de investigación realizada por un equipo multidisciplinar formado por entidades públicas, universidades y centros de investigación pertenecientes al Consejo Superior de Investigaciones Científicas y centros privados, este proyecto culmina con la aparición al mundo ortodóncico de **ORTHOSPEED®**, el cual es un compuesto patentado que disminuye la fricción.

ACCIÓN:

Su principal acción consiste en reducir las fuerzas colaterales adversas generadas en los tratamientos de ortodoncia con aparatos fijos. Esta cualidad permite la reducción del periodo de tratamiento hasta de un 45% menos del tiempo convencional, ya que simplifica las fases del tratamiento.

COMPOSICIÓN :

ORTHOSPEED®	ORTHOSPEED®	ORTHOSPEED®
INGREDIENTS: Olea Europaea Oil; Aqua (Water); Polyorbate B0; Aroma (Flavor); Triclosan; Sodium Fluoride; Allantoin; Aloe Barbadosensis; Zinc Citrate; CI 47005.	INGREDIENTS: Olea Europaea Oil; Aqua (Water); Polyorbate B0; Aroma (Flavor); Triclosan; Sodium Fluoride; Allantoin; Aloe Barbadosensis; Zinc Citrate; CI 42090.	INGREDIENTS: Olea Europaea Oil; Aqua (Water); Polyorbate B0; Aroma (Flavor); Triclosan; Sodium Fluoride; Allantoin; Aloe Barbadosensis; Zinc Citrate; CI 74260.
CONTIENE: Fluoruro Sódico 0,124% p/p	CONTIENE: Fluoruro Sódico 0,124% p/p	CONTIENE: Fluoruro Sódico 0,124% p/p

PRESENTACIÓN:

- Estuche con 3 jeringas de 3 ml.
- 1 MANGO porta pincel
- BLOC de papel de plástico, 70 hojas
- 20 PUNTAS, calibre 18 (**ORTHOSPEED® VERDE**)
- 20 PUNTAS, calibre 20 (**ORTHOSPEED® AZUL**)
- 20 PUNTAS, calibre 27 (**ORTHOSPEED® AMARILLO**)
- 20 RECAMBIOS de pincel

CONSERVACIÓN:

Conservar en lugar fresco y seco.

MODO DE EMPLEO:

Ver secuencia de aplicación (Ilustraciones en página siguiente).

INSTRUCCIONES PARA EL HIGIENISTA:

Al finalizar el uso de cada jeringa se debe retirar la cánula de aplicación y colocar debidamente su correspondiente cierre.

INSTRUCCIONES PARA EL PACIENTE:

Debe abstenerse de comer, beber, cepillarse o enjuagarse durante las 2 horas siguientes a la aplicación del producto.

Figura 3. Guía de aplicación

ORTHOSPEED® Guía de aplicación.



Vista frontal de los brackets.



Lavado de los brackets.



Secado de los brackets.



Aplicar **ORTHOSPEED®AZUL** en el fondo de la ranura de los brackets.



Aplicar **ORTHOSPEED® AZUL** en las paredes inferior y superior de los brackets.



Revestir el arco que se vaya a utilizar con una abundante capa de **ORTHOSPEED®VERDE**.



Extendemos uniformemente el producto con el pincel por todo el arco.



Colocar el arco en la ranura de los brackets.



Aplicación del **ORTHOSPEED® AMARILLO** sobre el bracket y el Arco.



Aplicación del **ORTHOSPEED® VERDE** sobre el anterior en el bracket y el arco.



Proceder a su ligado.

Figura 4. Guía de aplicación

ANEXO 2

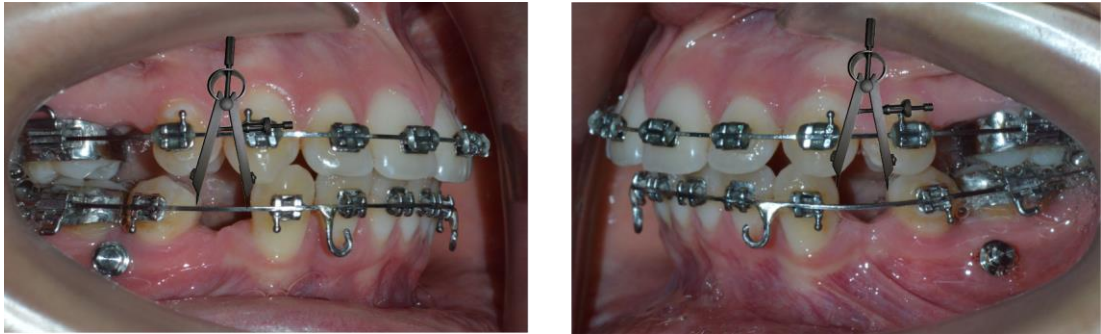
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Identificación de variables	Definición conceptual	Tipo	Dimensiones o categorías	Indicadores	Escala de medición
Orthospeed	Compuesto que disminuye la fricción	cualitativa	Con /sin compuesto	Aplicación o no del compuesto	nominal
Tasa de retracción	Velocidad por tiempo de retracción mensual	cuantitativa	mm. de tracción/ tiempo	Unidad de medida en milímetros por unidad de tiempo.	razón
Mecánica de cierre	Técnica empleada para el cierre de espacios.	cualitativa	Friccional No friccional	Cierre convencional Cierre con miniimplantes	nominal
Covariable Método de cierre	Aditamentos empleados para generar la fuerza de cierre.	cualitativa	rápido lento	Tieback Resorte de Niti	nominal

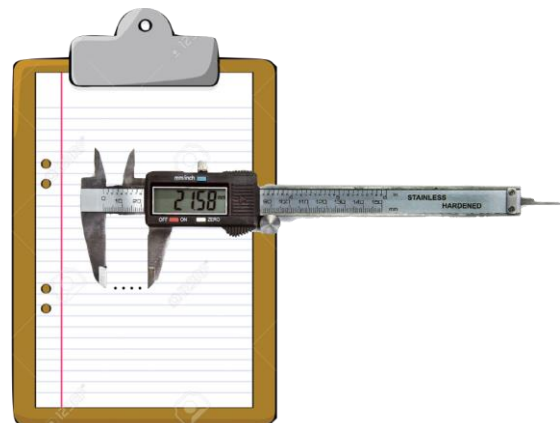
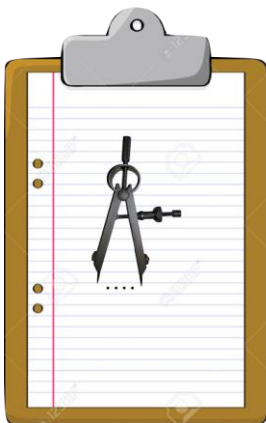
ANEXO 3

SECUENCIA DE APLICACIÓN DEL COMPUESTO ORTHOSPEED®

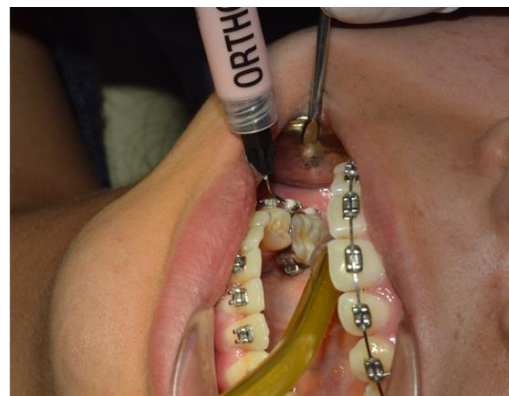
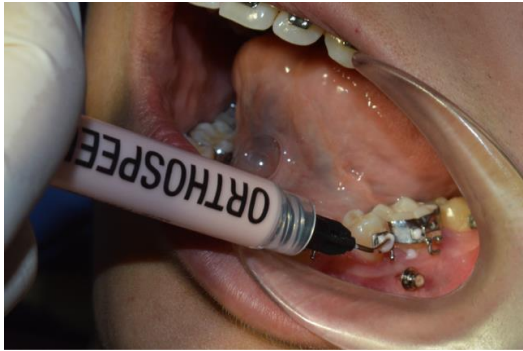
Fotos del procedimiento



Medición desde distal del canino a mesial del 2do premolar con un compas de puntas secas.



Después de la medición del espacio de extracción, dejamos la marca del compas en el papel y luego medir la distancia con un vernier electrónico.



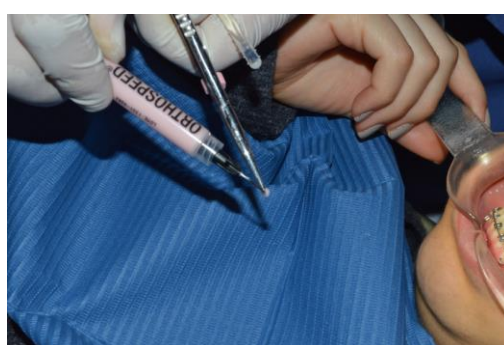
Después de sacar los alambres, lavar y secar los dientes aplicamos Orthospeed en premolares y tubos de primeros y segundos molares.



Aplicación de Orthospeed® en alambres



Inserción del alambre con Orthospeed® teniendo cuidado que el liquido no se desprenda de los alambres y los tubos.



Aplicación de Orthospeed® en las ligaduras de premolares y caninos.



Alambre insertado con Orthospeed en tubos y brackets listo para recibir el aditamento de retracción que el operador elija.

ANEXO 4

ANEXO 5

Tabla 1. Base de datos

Paciente	Edad	Sexo	Premolar Extraído	Mecánica de cierre	Compuesto	Medida inicial	Espacio cerrado	Meses	Velocidad mensual
Samanez	25	F	34	MI	SI	5.4mm	3,8	8	0,475
Samanez	25	F	44	MI	SI	5.0mm	3,7	8	0,463
Colque	24	M	14	CV	NO	4.7mm	1,4	5	0,280
Colque	24	M	24	CV	NO	3.9mm	0,4	5	0,080
Colque	24	M	34	CV	NO	3.6mm	1,6	5	0,320
Colque	24	M	44	CV	NO	4.4mm	0,7	5	0,140
Silva	14	F	14	CV	SI	4.7mm	1.6	2	0,800
Silva	14	F	14	CV	SI	6.8mm	1.6	2	0,800
Montoya	22	M	14	CV	SI	1.5mm	1,5	3	0,500
Montoya	22	M	24	MI	SI	3.1mm	1,7	4	0,425
Montoya	22	M	34	MI	SI	2.8mm	1,4	4	0,35
Montoya	22	M	44	CV	SI	1.4mm	1,4	3	0,466
Carhuayo	15	M	14	CV	NO	1.5mm	0,6	3	0,200
Carhuayo	15	M	14	CV	NO	1.5mm	0,1	1	0,100
Carhuayo	15	M	14	CV	NO	2.1mm	1,1	3	0,368
Carhuayo	15	M	14	CV	NO	2.8mm	0,8	3	0,266
Palomino	22	F	14	MI	NO	4.5mm	4,5	9	0,500
Palomino	22	F	24	MI	NO	4.0mm	4,0	7	0,571
Palomino	22	F	34	CV	NO	3.5mm	3,5	7	0,500
Palomino	22	F	44	CV	NO	3.8mm	3,8	7	0,542
Segura	14	F	14	CV	NO	7.0mm	7,0	13	0,538
Segura	14	F	24	CV	NO	7.2mm	7,2	13	0,553
Segura	14	F	34	CV	NO	5.6mm	5,6	10	0,560
Segura	14	F	44	CV	NO	3.2mm	3,2	10	0,320
Serrano	16	F	1418	MI	NO	6.4mm	3,8	8	0,475
Serrano	16	F	14	MI	NO	6.6mm	4,2	8	0,525
Serrano	16	F	14	MI	NO	6.2mm	3,6	8	0,450
Serrano	16	F	14	MI	NO	6.5mm	4,0	8	0,500
Correa	18	F	14	MI	SI	6.8mm	1,0	1	1,000
Correa	18	F	24	MI	SI	7.2mm	0.9	1	0,900

Tabla 1. Base de datos inicial con las variables mecánica de cierre de espacios y compuesto.