

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN



**“RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA DURANTE
LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS
ELÁSTICAS - ESTUDIO IN VITRO”**

TESIS

PRESENTADO POR EL:

C.D. Francis Kelvin Ramos Lara

Para optar el título de:

ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

**LIMA – PERÚ
2017**

TÍTULO DE LA TESIS

RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA DURANTE
LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS
ELÁSTICAS - ESTUDIO IN VITRO.

JURADO DE SUSTENTACIÓN

Dr. Hugo Caballero Cornejo

Presidente

Dr. Francisco Vargas Corpancho

Secretario

Dr. Luis Cervantes Ganoza

Vocal

Dedicado a Dios, a mis padres, Fermín y Carolina, por ser los pilares fundamentales de todo lo que soy, en lo personal como en lo académico, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A todos mis maestros, ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día.

A mis hermanos, Giankarlo, Dick y Kei, ejemplos de vida y superación, porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida y siempre pude contar con ellos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a cada una de las personas que colaboraron a la realización de esta tesis.

Al Dr. Gilmer Solis Sánchez, por su ayuda en la estructuración, elaboración de la presente, además de la obtención de los resultados estadísticos de nuestro estudio.

A la Dra. Marjorie Euguren Langer, por haber asesorado la presente investigación.

A los Drs. Armando Fernández, Rolando Alarcón, Fredy Mas, Arturo Palomino, y demás docentes de la especialidad, pilares de mi formación clínica y académica, en la Especialidad de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar.

Al Dr. Hugo Caballero Cornejo, por haberme guiado en pregrado y ahora en instancias finales del posgrado, le doy mi reconocimiento por fomentar la mejora de la presente tesis, agradezco su digna labor.

A los directivos y personal administrativo, de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, que hicieron viable esta investigación.

A todos ellos gracias.

INDICE

	Pág.
Portada	i
Título.....	ii
Jurado de sustentación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos	v
Índice	vi
Índice de tablas.....	x
Índice de gráficos.....	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Introducción	xiii
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Marco Histórico	1
1.2 Marco Teórico	3
1.3 Investigaciones	29
1.4 Marco conceptual.....	36
CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES	40
2.1 Planteamiento del problema	40
2.1.1 Descripción de la realidad problemática	40
2.1.2 Antecedentes teóricos	42

2.1.3	Definición del problema	45
2.1.3.1	Problema principal	45
2.1.3.2	Problemas específicos.....	45
2.2	Finalidad y objetivos de la investigación.....	46
2.2.1	Finalidad.....	46
2.2.2	Objetivo general y específicos	47
2.2.2.1	Objetivo general	47
2.2.2.2	Objetivos específicos.....	47
2.2.3	Delimitación del estudio	48
2.2.4	Justificación e importancia del estudio.....	48
2.3	Hipótesis y variables	49
2.3.1	Supuestos teóricos	49
2.3.2	Hipótesis principal y específicas	49
2.3.2.1	Hipótesis principal	49
2.3.2.2	Hipótesis específicas	49
2.3.3	Variables e indicadores.....	50
CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO		52
3.1	Población y muestra	52
3.1.1	Población	52
3.1.2	Muestra.....	52
3.1.3	Unidad de muestreo	54
3.1.4	Unidad de análisis	55

3.1.5	Tipo de muestreo.....	55
3.1.6	Selección de la muestra.....	55
3.1.6.1	Criterios de inclusión.....	55
3.1.6.2	Criterios de exclusión.....	56
3.2	Diseño utilizado en el estudio.....	56
3.3	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.3.1	Técnica de recolección de datos.....	57
3.3.2	Instrumento de recolección de datos.....	57
3.3.3	Procedimiento de recolección de datos.....	57
3.3.4	Capacitación y calibración.....	58
3.3.5	Validación del instrumento.....	59
3.4	Procesamiento de datos.....	61
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS...		63
4.1	Presentación de resultados.....	63
4.2	Contrastación de hipótesis.....	69
4.3	Contrastación de la hipótesis principal.....	76
4.4	Discusión de resultados.....	78
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		83
5.1	Conclusiones.....	83
5.2	Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		86
ANEXOS.....		93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pág.
N° 01	Distribución y frecuencia de los tipos de elastómeros.	62
N° 02	Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a las 4 horas de activación.	63
N° 03	Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 1° semana de activación.	64
N° 04	Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 2° semana de activación.	65
N° 05	Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 3° semana de activación.	66
N° 06	Distribución de medias de la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes tiempos de activación.	69
N° 07	Distribución de medianas de la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes módulos elastoméricos.	71
N° 08	Distribución de medias de las fuerzas de tracción de los diferentes módulos elastoméricos en los diferentes tiempos de activación.	73
N° 09	Análisis de la aceptación de la Hipótesis General.	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico		Pág.
N° 01	Distribución y frecuencia de los tipos de elastómeros.	62
N° 02	Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a las 4 horas de activación.	63
N° 03	Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 1° semana de activación.	64
N° 04	Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 2° semana de activación.	65
N° 05	Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 3° semana de activación.	66
N° 06	Gráfico de perfil representando la disminución de las fuerzas de tracción en los diversos tiempos de activación.	69
N° 07	Gráfico de perfil representando la disminución de las fuerzas de tracción en los dos tipos de módulos elastoméricos.	71
N° 08	Gráfico de perfil representando las fuerzas de tracción de los dos tipos de módulos elastoméricos a través de los tiempos de activación.	73

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas. El diseño de la investigación fue experimental, in-vitro, longitudinal, prospectivo. Para poder cumplir con el objetivos de la investigación, se estudiaron un total de 20 retroligaduras compuestas con ligaduras metálicas N°09 (RMO) y módulos elastoméricos, 10 llevaron ligaduras elastoméricas y 10 elastómeros separadores (GAC y Dentaureum, respectivamente), las retroligaduras se activaron hasta tener una fuerza de 200 gramos. Los niveles de fuerza se midieron con un gramómetro (Correx 250g), a las 4 horas, 1, 2 y 3 semanas. Los datos se analizaron mediante la prueba ANOVA de medidas repetidas. Se encontró, $32.13 \pm 10.77\%$ de degradación de la fuerza inicial de las muestras dentro de las primeras 4 horas y $21.41 \pm 7.2\%$ de degradación de la fuerza ocurrió en la primera semana; $13.23 \pm 7.36\%$ disminuyó en la segunda semana y $20.37 \pm 7.18\%$ de degradación de la fuerza ocurrió hasta la tercera semana. Se concluye que existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.

Palabras clave: Retroligaduras, elastómeros, ligadura elastomérica, elastómero separador, retracción ortodóntica.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the relationship between time and degradation of the orthodontic tractive force with two types of elastic laces. The investigation design was experimental, in-vitro, longitudinal and prospective. In order to accomplish the objectives of the investigation, a total of 20 laces composed of metallic ligature No. 09 (RMO) and elastomeric modules, 10 carried elastomeric ligatures and 10 spacer elastomers (GAC and Dentaurem, respectively) were studied, the laces were activated until they had a force of 200 grams. Strength levels were measured with a gramometer (Correx 250g) after 4 hours, 1, 2 and 3 weeks. Data were analyzed using the repeated measures ANOVA. We found $32.13 \pm 10.77\%$ degradation of the initial strength of the samples within the first 4 hours and $21.41 \pm 7.2\%$ of force degradation occurred in the first week; $13.23 \pm 7.36\%$ in the second week and $20.37 \pm 7.18\%$ strength degradation occurred up to the third week. We concluded that there is a significant relationship between time and degradation of orthodontic tractive force with two types of elastic laces.

Key words: laces, elastomers, elastomeric ligature, elastomeric spacers, orthodontic retraction.

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de la ortodoncia como especialidad se presentaron numerosas filosofías, y cada una de estas incluían diversas técnicas, las cuales se llevan a cabo con biomecánicas que pueden resultar ser semejantes o diferentes entre sí, tratando de resolver casos de baja, mediana y alta complejidad los cuales requerían un amplio estudio, un gran porcentaje de estos casos son los que necesitan procedimientos de extracciones dentarias, estas se realizan para conseguir primordialmente, espacios para aliviar el apiñamiento o para realizar modificaciones en los tejidos blandos.⁽¹⁾⁽²⁾

Los ortodoncistas conocen como actúa la remodelación ósea, como medio para llevar a cabo los movimientos de las piezas dentales hacia posiciones más ideales; lo que permite conseguir una estabilidad y armonía oclusal. Esta remodelación se lleva a cabo, mediante procesos biológicos de presión, donde se produce la reabsorción ósea, y de tensión donde se produce la aposición ósea; fenómenos que son capaces de cambiar la forma y el tamaño del reborde alveolar por medio de la aplicación de fuerzas fisiológicas, funcionales e incluso mecánicas. El movimiento dental ortodóntico puede ser controlado por el tamaño de la fuerza aplicada y las respuestas biológicas desde el ligamento periodontal.⁽³⁾

Estos fenómenos están presentes en los tratamientos que requieran la distalización canina o tratamientos donde se lleve a cabo los cierres de

espacio, después de la extracción de piezas dentarias, para esto se podrán realizar dos técnicas muy conocidas y ampliamente estudiadas, las cuales nos permiten cerrar los espacios con efectividad, las técnicas mencionadas son: la técnica de deslizamiento y la de desplazamiento o en su defecto técnica con fricción y sin fricción respectivamente.⁽⁴⁾

Se idearon y construyeron numerosos dispositivos para desarrollar cada una de estas técnicas, y diversos biomateriales se fabricaron para mejorar sus características positivas disminuyendo los efectos adversos, a medida que aparecieron nuevos materiales, los dispositivos fueron cambiando, siendo sustituidos o se complementaron con otros para obtener una retracción canina y cierre de espacios adecuado.

La retracción canina por deslizamiento es muy utilizada en los aparatos preajustados, las retroligaduras son dispositivos que utilizan módulos elásticos y ligaduras metálicas durante la mecánica de cierre de espacios, sin embargo, existe variación de la fuerza según el tipo de elástico utilizado. Pocos estudios investigaron los efectos de estos dispositivos, sus propiedades mecánicas y físicas.

El motivo de nuestra investigación son las retroligaduras, confeccionadas con ligaduras metálicas en combinación con elastómeros. De estas no se realizaron muchos estudios que comprueban la eficacia de estos dispositivos en la realización de las distalizaciones, ya los doctores, McLaughlin y Bennett introdujeron el amarre en ocho con ligadura metálica, que fue

llamado “laceback”⁽⁵⁾, inicialmente para impedir la mesialización o tipping mesial de los caninos, pensando en evitar la mesialización de las piezas anteriores, pero como resultado de esto, no solo se evitó la inclinación hacia mesial de los dientes anteriores, sino que se consiguió la distalización de los caninos. En los estudios encontrados las retroligaduras serán descritas como laceback y/o tieback, estos como ya mencionamos pueden ser complementadas con los elastómeros que fueron estudiadas desde ya mucho tiempo atrás, características, composición, origen, casa comercial, entre otras, uno de los puntos más estudiados es su degradación, principalmente la física y mecánica.⁽⁶⁾ Sin embargo, es poca la literatura que se puede encontrar donde se haya estudiado los efectos de las retroligaduras combinadas con elastómeros, en la distalización de piezas anteriores, puntualmente, distalización de caninos.⁽⁷⁾

Se realizaron diversos enfoques de tratamiento que permitan obtener resultados más rápidos durante las distalizaciones de piezas dentarias, pero todavía existe una gran incertidumbre y salen aspectos cuestionables hacia estas técnicas, por ello, el presente trabajo se basa en la recopilación documental, bibliográfica de información e investigación experimental relacionada con las retroligaduras, dispositivos usados ya hace varias décadas, años en los cuales se va descubriendo sus virtudes, pero que apenas hoy en día todavía, se están dando a conocer.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Marco Histórico

Desde que se llevaron a cabo los cierres de espacio después de la extracción de piezas dentarias, con fines ortodónticos, se revisaron técnicas con las cuales se logre una mayor efectividad de los dispositivos, usados durante estos movimientos, básicamente esto se consiguió mediante dos técnicas; la técnica de deslizamiento y la de desplazamiento o técnica friccional y no friccional.⁽⁴⁾

Se idearon y construyeron diversos dispositivos para desarrollar cada una de estas técnicas, y diversos biomateriales se fabricaron para mejorar su efectividad, se complementaron unos a otros para obtener una retracción canina y cierre de espacios adecuado. Es pertinente mencionar que en la mecánica de deslizamiento son muy utilizados los resortes cerrados, ya sean de acero o de níquel-titanio, cadenas elastoméricas, hilos elásticos y

retroligaduras, estas últimas, solas con ligaduras metálicas o en combinación con elastómeros.

En relación a los últimos mencionados, no hay muchos estudios que comprueban la eficacia en lo que respecta a las distalizaciones, ya los doctores, McLaughlin y Bennett introdujeron el amarre en ocho con ligadura metálica, que fue llamado "laceback"⁽⁵⁾, inicialmente para impedir la mesialización o tipping mesial de los caninos, estos irían colocados desde distal de las molares hasta el canino, como se dijo pensando en evitar la mesialización de la piezas anteriores, pero como resultado de esto, no solo se evitó la inclinación hacia mesial de los dientes anteriores, sino que también se consiguió el corrimiento hacia distal de los caninos.

En los estudios encontrados las retroligaduras serán descritas como laceback y/o tieback, estos como ya mencionamos pueden ser complementadas con los elastómeros que pueden ser cadenas elastoméricas, ligaduras elásticas, elastómeros separadores, entre otros; los elastómeros fueron estudiados desde la década de los 60, estudios referidos a su estructura, composición, si contienen látex o no, si son de origen natural o sintético, casa de fabricación, características físicas, mecánicas y químicas.⁽⁶⁾

Es poca la literatura que se puede encontrar que refiera los efectos de las retroligaduras en la distalización de piezas anteriores, puntualmente, distalización de caninos.⁽⁷⁾ Y menor aun las investigaciones realizadas sobre

retroligaduras combinando ligaduras metálicas con algún tipo de elastómeros.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Movimiento dentario:

- **Fuerzas**

El movimiento dental como fenómeno es descrito como un fenómeno periodontal, y es una consecuencia de la remodelación ósea y recambio óseo alveolar que se encuentran íntimamente relacionados con diversos factores biológicos. El procedimiento de distalización de las piezas dentarias fue y será ampliamente estudiado, tanto las técnicas que se utilizan para lograr este objetivo, como los dispositivos que nos facilitarán los movimientos, así también las fuerzas que deben de ejercer sobre las piezas dentarias los diferentes dispositivos utilizados para su movilización se han descrito en numerosos artículos, a esto se suma la búsqueda de dispositivos que brinden comodidad del paciente, que la duración y el nivel de fuerza sean constantes y las propiedades biomecánicas sean adecuadas para obtener mejores resultados. Las necesidades específicas de cada uno de los pacientes y el talento de sus ortodoncistas se combinan para más difuminar la relación explícita y directa entre las técnicas de tratamiento y el resultado final.⁽⁸⁾

La aplicación de estas técnicas, deben de tener un enfoque más detallado y específico para el análisis de la cantidad de fuerzas y ajustes realizados durante el progreso del tratamiento, esta aplicación de fuerzas mecánicas a

los dientes y sus estructuras de apoyo son las que nos llevan a un movimiento dental, las leyes de la estática y la dinámica definen con precisión las relaciones entre la fuerza y el movimiento. Las fuerzas ejercidas producirán aceleración, y esta producirá el movimiento dental deseado. La naturaleza del movimiento de un cuerpo se puede predecir con precisión mediante el análisis del sistema de fuerzas utilizado en ese y con el dispositivo, que actúa sobre ese cuerpo.⁽⁸⁾⁽⁹⁾

La relación de las fuerzas mecánicas con los sistemas biológicos, será estudiada por la biomecánica. En el espacio libre, los cuerpos se mueven de acuerdo con las fuerzas que actúan sobre ellos. En la ortodoncia, la relación puede ser menos directa. Las fuerzas aplicadas son estímulos que actúan sobre un sistema biológico. Las fuerzas mecánicas deben ser expresadas en la actividad biológica antes del movimiento de los dientes. Dependiendo de la respuesta biológica, el movimiento clínicamente observable de los dientes puede depender de factores ajenos a las fuerzas aplicadas a los dientes.⁽¹⁰⁾

La forma en que un diente se mueve depende de la naturaleza de las fuerzas (es decir, el sistema de fuerzas) impuesto sobre el mismo. El sistema de fuerza incluye la aplicación de las fuerzas y momentos en el bracket (a través de elástico, resorte, loop, etc), y la distribución de la fuerza real sobre el periodonto (relación tensión-deformación). La distribución de la fuerza es una función del centro de rotación del diente. La inclinación controlada es el movimiento del diente con el centro de rotación del diente en el ápice de la raíz. Las fuerzas resultantes tienden a ser distribuidas en la

porción marginal del ligamento periodontal. La relación momento – fuerza, para la inclinación controlada es reportado aproximadamente 7.1 para la mayoría de los dientes con soporte periodontal normal. La traslación o movimiento del cuerpo, por otra parte, mantiene la inclinación axial del diente con el centro de rotación a una distancia infinita desde el vértice. La distribución de la fuerza resultante tiende a ser distribuido más equitativamente a lo largo del lado de presión de las estructuras alveolares. La traslación requiere una relación momento – fuerza, de aproximadamente 10/1. Por último, movimiento de la raíz o desplazamiento del ápice de la raíz, mientras que la corona permanece fija se produce con una relación momento - fuerza de 12/1. Aquí, las fuerzas aplicadas tienden a concentrarse a lo largo del 1/3 apical de la raíz.

Una fuerza aplicada en la corona produce inclinación incontrolada como resultado del momento de una fuerza. El momento aplicado (momento cupla) contrarresta la inclinación del efecto de la fuerza. El momento aplicado actúa en la dirección opuesta del momento de la fuerza. Se mueve la raíz o raíces hacia el espacio de extracción. Además, como la magnitud de la cupla aplicada aumenta, la rotación del diente movería la corona al espacio de extracción. Por el contrario, una baja relación momento - fuerza produce inclinación. Con el ápice permaneciendo estacionario, la inclinación de la corona va hacia el espacio de extracción. Geométricamente, el resultado es mayor movimiento de los dientes en el plano oclusal con relación a un diente sometido a traslación.

La eficacia teórica de las relaciones diferenciales momento - fuerza es evidente. Entonces definiríamos que para lograr que la fuerza de estos sistemas produzca clínicamente el movimiento dental deseado, debemos de considerar la aplicación desigual de la relaciones momento – fuerza, para cada situación o grupo de dientes.

- **Biomecánica**

La biomecánica debe ser aplicada con la mayor precisión de acuerdo a los principios del diseño del dispositivo de ortodoncia.⁽¹⁰⁾ Existen estudios los cuales apoyan un enfoque biomecánico clínico y aplicado para el desarrollo de una ortodoncia eficaz, el desarrollo biomecánico en el tratamiento de ortodoncia implica un modelo de estímulo-respuesta predecible, es decir, mover los dientes de una manera consistente, con las fuerzas y momentos dados por los alambres, resortes, o elásticos.

Aunque este modelo es apoyado por una razón lógica, su integridad aún no se ha validado. Igualmente importante, existe una alternativa a este modelo el cual nos dice que el movimiento dental es independiente del sistema de fuerzas, que sugeriría una capacidad por parte del clínico para seleccionar y activar los aparatos durante el tratamiento de ortodoncia para conseguir deseado resultados. La relación entre el estímulo dado por el dispositivo y la respuesta biológica debe ser garantizada en cada tratamiento siendo análogo al modelo dosis-respuesta de la medicina, el modelo de estímulo-respuesta es útil para determinar la eficacia de los resortes de ortodoncia.⁽⁸⁾

- **Movimiento**

Las primeras referencias en la literatura sobre el movimiento dentario, corresponden a Sandstedt, que realizó una publicación en la cual describe el movimiento dental en modelos animales. En su modelo experimental los aparatos se activaron durante un período de tres semanas, generando un efecto de retracción de los incisivos llevando estas piezas a lingual. Realizando cortes histológicos, encontró que se había depositado hueso sobre la pared alveolar en el lado de tensión, esto sucedió en sus modelos realizados con fuerzas pesadas y livianas. También observó espículas de hueso recién formadas, que siguieron la orientación de los haces de las fibras periodontales. En el lado de presión observó dos fenómenos: con fuerzas leves, el hueso alveolar fue reabsorbido directamente por numerosos osteoclastos y células multinucleadas, y con fuerzas pesadas, se comprimieron los tejidos periodontales, lo que produjo trombosis capilar, muerte celular y producción de zonas libres de células localizadas mostrándose con un aspecto semejante al vidrio y que era muy parecido al cartílago hialino de los cortes histológicos por lo que denominó a este efecto hialinización.⁽³⁾⁽¹¹⁾

La variación biológica también debe de ser considerada para lograr el movimiento dental requerido. Algunos estudios que tratan sobre el desplazamiento de los dientes y el cierre de espacios,⁽¹²⁾⁽¹³⁾ dan como resultado una variabilidad sustancial que no podía explicarse con el sistema de fuerzas y por lo tanto esto implicaría factores biológico individuales, como el volumen celular, la vascularización, la densidad ósea, entre otros. Por otra

parte, esta variación puede representar los puntos de las observaciones relativas a los patrones físicos o a la cinética del desplazamiento de los dientes. Los datos derivados a partir de estos estudios podrían reflejar diferencias en cuestión de tiempo, del tratamiento y de la observación, diferencias individuales que pueden reflejar las diferencias en los estímulos. Además, en un estudio se ha documentado patrones de remodelación ósea, representado por la activación, resorción, reversión y la formación. Estas ondas cíclicas de eventos de remodelación pueden estar ocurriendo en diferentes puntos temporales durante la observación clínica y por lo tanto puede reflejar la variabilidad del movimiento dental, los datos obtenidos entonces serán relativos en lo que concierne al desplazamiento de los dientes, y los sistemas de fuerzas de ortodoncia se ven menos valorados por el hecho de que las distribuciones de fuerzas para el movimiento dental, cambian constantemente los centros de rotación del diente o los dientes.⁽⁸⁾⁽¹¹⁾ El cambio constante centros de rotación no pueden ser observados durante los estudios de los movimientos dentales. De esta manera, la descripción del movimiento de los dientes está basado en un sistema de fuerza estático representando un promedio de movimientos que se producen con el tiempo. El tipo de respuesta del tejido esperado se relaciona directamente con la dirección, duración, continuidad, y la distancia a través del cual se aplican fuerzas.

Se pueden distinguir tres fases durante el tratamiento de ortodoncia, la alineación y nivelación, el cierre de espacios y la finalización. La fase que más importa para nuestra investigación será la fase de cierre de espacios,

esta, en algunos casos puede realizarse en un solo momento o en masa (retracción de los seis dientes anteriores) o en dos fases, la primera para hacer la retracción de los caninos y la segunda para retraer los cuatro anteriores.⁽¹⁴⁾ Este movimiento ortodóntico que se produce durante el cierre de espacios se hace con dos tipos de mecánicas.

La primera, es la mecánica no friccional, en la cual al arco principal se le colocan loops o también se puede trabajar con arcos segmentados, los cuales poseen ansas, en donde los dientes se desplazan tras la activación de estas y no se genera desplazamiento del bracket sobre el alambre.

La segunda mecánica, es la friccional, que implica desplazar los dientes junto con los brackets a lo largo de un arco de alambre, en el cual se presenta la fuerza friccional, la cual es definida como la resistencia al movimiento cuando un cuerpo sólido se desliza o tiende a deslizarse sobre otro, es un factor que interviene en todas las formas de deslizamiento mecánico, como en la retracción del canino hacia el espacio de una extracción.⁽¹⁴⁾

Esta fricción con la cual luchará el movimiento dentario se puede presentar de dos maneras, la fricción estática que produce resistencia al movimiento y fricción cinética o dinámica que indica la resistencia que existe durante el movimiento. La fuerza de rozamiento entre dos cuerpos no depende solamente del área de superficie de contacto entre ellos, sino también de la naturaleza de las superficies de contacto y su rugosidad.⁽¹⁵⁾

Los ortodoncistas utilizan muchas técnicas que buscan un máximo control sobre el movimiento de los dientes. A estas se presentan un sinnúmero de variables, que como ya mencionamos podrían ser de naturaleza mecánica y biológica, las cuales han demostrado afectar la magnitud de la fricción en el movimiento, dentro de estas podemos mencionar: el coeficiente de fricción o fuerza externa normal, cuando se ejercen fuerzas de deslizamiento. Uno de los múltiples factores a considerar en la selección del material ideal, es optar por uno que genere menor fuerza friccional.

Con relación a esto se puede mencionar que la aleación del alambre afectará a la fricción debido a que cada material tiene un coeficiente de fricción distinto, que el tamaño y la forma de alambre, deben ser considerados ya que los alambres de diámetros cercanos al tamaño de la ranura utilizada producen más fricción que los alambres de diámetros pequeños y que con el tipo de ligadura, la fricción dependerá de la fuerza de deslizamiento entre las superficies juntas, como con las ligaduras elásticas recubiertas con polímero, que producen 50% menos fricción que los otros métodos de ligado, y las ligaduras de acero inoxidable recubiertas de teflón producen menos fricción que las ligaduras elásticas.⁽¹⁶⁾

Los brackets jugarán también un papel importante para producir fricción y por lo tanto el movimiento dental se desarrolle, de forma efectiva; acá podemos mencionar la angulación del bracket, que a mayor angulación, en cualquiera de las tres dimensiones, la resistencia friccional aumentará con esta, que el tipo de aleación del bracket, según diversos estudios, modificará

el rango friccional, los brackets de acero inoxidable producen menos fricción durante el desplazamiento que los brackets cerámicos y plásticos.

Dentro de los factores biológicos mencionaremos a la saliva y la película adquirida, que disminuyen la fricción al crear puentes entre las superficies ásperas.⁽¹⁷⁾

Es así los movimientos realizados con aparatos ortodónticos, deben de tomar en cuenta estos puntos, sumándose a los ya mencionados en la aplicación de fuerzas, para lograr un movimiento adecuado y no solo de inclinación, ya que el movimiento de la corona, siempre es notablemente mayor.⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ Esto muestra cómo los movimientos de inclinación pueden resultar en movimientos mayores de los dientes desde una perspectiva clínica, sin embargo, el movimiento terminará siendo el no deseado, aún hayamos controlado en parte los componentes friccionales y no la fuerza.

1.2.2 Retracción de caninos

La capacidad de cerrar los espacios de extracción preferentemente es una habilidad esencial requerida durante el tratamiento de ortodoncia. Aunque se han descrito muchos métodos para el cierre de espacios y control de anclaje, los principios biomecánicos definen la naturaleza de los sistemas de fuerzas aplicadas y muestran muchas similitudes entre las diversas técnicas que conllevan a este objetivo.

Esta corrección es muy utilizada en ortodoncia, llegando a realizar cambios a nivel de los componentes dentarios, mejorar el perfil facial, logrando la estabilidad de los tratamientos así también una mejor funcionalidad, Esta retracción después de la extracción, de los primeros premolares, es un método muy común para corregir el apiñamiento dental así como también la disminución de algún tipo de protrusión o biprotrusión.

Numerosos métodos de retracción canina son actualmente utilizados. Estos métodos emplean diversos tipos de dispositivos como los brackets, alambres de diverso material y calibre, configuración del alambre, forma de los loops, fuentes y control de fuerzas y los factores de anclaje. Los caninos juegan un papel importante en la función oral y también en la estética. Su posición conecta los segmentos anterior y posterior de la arcada dental y su movimiento ortodóntico es de importancia clínica, especialmente en los casos de extracción de premolares.

En la mecánica de canto, el movimiento ortodóntico de los dientes durante el cierre del espacio se puede lograr a través de dos tipos de la mecánica. La primera es la friccional en la que el canino se desliza distalmente, guiada por un alambre continuo. El segundo, sin fricción, involucra ansas o loops de cierre fabricados tanto en arcos completos o seccionales. Los dientes se mueven debido a la activación del ansas de alambre, que puede ser diseñado para proporcionar una curva de carga / deflexión baja y un momento controlado para forzar esta relación.⁽²⁰⁾⁽²¹⁾ Los sistemas de fricción para la retracción canina, tienen desventajas potenciales, tales como retraso

en el movimiento dental. El aumento de la fuerza para superar este retraso determina también una pérdida de anclaje y extrusión de los incisivos.⁽²⁰⁾⁽²²⁾

Es por eso que se sugiere en base a lo anteriormente descrito es necesario un estudio minucioso, que deberá estar basado en una revisión bibliográfica que nos deberá dar una idea más concreta y parámetros de comparación sustentados en una base científica investigativa, para un conocimiento cierto de la mecánica de retracción de los caninos a través de sistemas friccionales y no friccionales.

En el uso de la técnica friccional para la retracción de caninos, para iniciarla, los arcos deben estar perfectamente alineados y nivelados y así minimizar los efectos de la fricción, los cuales incrementan la fuerza y pérdida de anclaje. Esta retracción involucra una fase inicial de inclinación coronal seguida de la verticalización de raíz.

Como ya mencionamos la retracción de caninos se puede hacer con diferentes mecánicas.⁽¹⁶⁾

Un dispositivo ideal, con una fuerza ideal debe cumplir los siguientes criterios:

1. Proveer una fuerza óptima para el movimiento dental que produzca los efectos deseados.
2. el dispositivo utilizado para producir fuerzas debe ser cómoda e higiénica para el paciente.
3. Que requiera el menor tiempo de silla y del ortodoncista.

4. Mínima cooperación del paciente.

5. Económica.

De los aditamentos más utilizados podemos mencionar los siguientes:

- Cadenas elásticas. Es la técnica más usada en ortodoncia por la sencillez, la facilidad, la rapidez y el costo. La desventaja es que la fuerza que entregan no permanece constante, sino que disminuye en un 50% a las 24 horas.⁽²²⁾⁽²³⁾ En estas técnicas se utilizan aproximadamente, entre 180 a 250 gramos de fuerza, en cada lado.⁽¹³⁾ Estas deben de cambiarse cada tres semanas a un mes.
- Resortes metálicos cerrados (Acero inoxidable y NiTi). Se usan menos que las cadenas elásticas, pero liberan fuerzas de intensidad baja y continua por largo tiempo. Estos resortes tienen memoria y son superelásticos, por lo que no necesitan de activaciones frecuentes.
- Resortes metálicos abiertos (Acero inoxidable y NiTi). Se ponen comprimidos sobre alambres rígidos entre el lateral y el canino maxilar, pero son poco usados por los efectos adversos en el área de reacción.
- El resorte de NiTi ha demostrado que produce fuerzas constantes en diferentes longitudes sin decaer, al ser comparado con elásticos convencionales el movimiento semanal con el resorte de NiTi fue de 0.51 mm y con el convencional de 0.27 mm.⁽²⁴⁾
- Elásticos inter-maxilares de clase I. Este tipo de elásticos se utilizan desde el gancho de los tubos de los molares en la parte posterior hasta la aleta distal de los brackets de los caninos del mismo arco,

que generalmente poseen un hook. El uso prolongado produce inclinaciones y rotaciones severas indeseadas. Los más utilizados son los de ¼ de pulgada y 6 onzas de fuerza, un promedio de 180 gm por lado y deben cambiarse cada 24 horas.

- Elásticos intermaxilares de clase II. Estos elásticos ocasionan extrusión de caninos maxilares y molares mandibulares, porque producen fuerzas horizontales y verticales. Se deben utilizar sobre alambres rígidos o pesados para evitar rotaciones.
- Fuerzas magnéticas (Imanes de cobalto). Vienen por pares y se colocan por mesial de los caninos maxilares, con los dos polos iguales en contacto para que se rechacen, también pueden usarse por atracción. Producen 200 gramos de fuerza promedio y se activan cada mes para mantener niveles constantes.⁽²⁵⁾
- Retroligaduras, este tipo de dispositivos será ampliamente usado en un ítem posterior, ya que es tema principal de nuestra investigación.

Cada una de estas técnicas de retracción de caninos descritas anteriormente para retraer los caninos, puede producir efectos o reacciones secundarios. En algunos casos es ideal realizar el cierre individual de caninos y luego el cierre de los dientes anteriores debido a que es menos perjudicial para el anclaje y la utilización de fuerzas será menor.

1.2.3 Retroligaduras

- **Definición:** Las retroligaduras, son dispositivos ortodónticos confeccionados a medida con ligaduras metálicas, que se extiende desde una pieza dental a otra que reuiera movilizarse.⁽⁵⁾⁽²⁶⁾
- **Historia:** Las retroligaduras, son ligaduras metálicas de 0.010" o 0.009", que se extiende desde el último molar embandado hasta el canino,⁽⁵⁾⁽²⁷⁾ estas retroligaduras en su inicio fueron hechas con alambre de ligadura de acero, con el pasar del tiempo sufrieron algunos cambios no sustanciales, ya que su esencia siguió siendo la ligadura metálica, posteriormente esta se asoció con elastómeros.

Esto fue, en la mecánica propugnada para el cierre de espacios por deslizamiento utilizando brackets pre-ajustados. Para este procedimiento, se recomendó arcos de 0.019" x 0.025" con ganchos soldados, teniendo en cuenta un sistema de brackets de slot 0.022". Una fuerza es generada por la extensión de un módulo elástico de 2 a 3 mm (o el doble de su tamaño original), proporcionando según los autores, de 0,5 mm a 1,5 mm de cierre de espacios.⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾

- **Función:** Su función inicial fue la de limitar la inclinación mesial del canino durante la fase a de alineación y nivelación, generalmente el uso de estos es en casos de extracción de premolares, pero también son utilizados en casos tratados sin extracciones donde exista el riesgo de pérdida de anclaje.

Las retroligaduras se colocaran incluso desde el inicio de la fase de alineación y nivelación hasta llegara a los arcos de NiTi rectangulares, una vez que se llega a los arcos de acero se utilizan como control anterior en forma de ligaduras pasivas.⁽³⁰⁾ Es una recomendación utilizar las retroligaduras solo hasta la obtención de espacio suficiente para desapiñar los dientes anteriores o tener un espacio entre incisivo lateral y canino.⁽³⁰⁾⁽²⁷⁾

- **Clasificación:** Las retroligaduras están definidas de acuerdo a la acción que desarrollan, clasificaremos en tres las retroligaduras:

- **Ligadura distal activa (active tie-back):** Es la ligadura metálica de 0.009" ó de 0.010", combinada con un módulo elástico que se coloca desde la molar hasta el gancho del arco, su función es cerrar espacios.

Existen tres formas de colocación de ligadura distal activa, que reciben el nombre de sistemas.

- ✓ Sistema 1: Consiste en colocar el módulo elástico al gancho del primer molar y enlazar la ligadura metálica al gancho del arco, pasando la ligadura metálica por debajo del bracket del premolar.
- ✓ Sistema 2: Consiste en enlazar la ligadura metálica a los molares y aplicar el módulo elástico al gancho del arco.

- ✓ Sistema 3: Consiste en enlazar los molares y segundo premolar con la ligadura metálica y aplicar el módulo elástico al gancho del arco.

- **Ligadura distal pasiva (passive tie-back):** Ligadura metálica de 0.009 ó 0.010, que se coloca desde el gancho del último molar cementado hasta el gancho del arco .019 x .025 de Acero Inoxidable con el propósito de mantener los espacios cerrados en la etapa de finalización.

- **Retroligadura (lace-back):** ligadura metálica de 0.009 ó 0.010, que se pasa en 8 desde el último molar cementado hasta el canino de la misma arcada, en los arcos iniciales, con el fin de evitar la proinclinación incisiva al expresarse la inclinación del Bracket del canino.⁽²⁶⁾

- **Ventajas:** En cada cita que se le da al paciente encontraremos las retroligaduras sueltas y flojas, por lo tanto será preciso tensarlas para que sigan actuando, es ahí cuando no daremos cuenta de sus ventajas; diversas investigaciones y estudios, se mencionan como ventajas: la facilidad de su colocación, activación y su costo reducido, en cualquiera de sus presentaciones. Los módulos elásticos asociados con ligaduras de metal, a su vez, son dispositivos sencillos, económicos y confiables,⁽³⁰⁾ que además de ser más fáciles de higienizar, sus propiedades físicas y sus relaciones con el entorno de la boca han sido bien estudiadas. Sin embargo, niveles de

fuerzas generadas por estos módulos elásticos cuando son utilizados para la mecánica de cierre de espacios y el patrón de degradación de estas fuerzas aún no se conocen bien.⁽²⁸⁾

Irvine y McDonald, estudiaron sus características como su efectividad, pérdida de anclaje y cambios en la posición de los incisivos, donde concluyen que estos generan un gran cambio en la posición del molar hacia mesial, es decir, generan pérdida de anclaje, también hallaron que el uso de las retroligaduras no favorece la proinclinación del sector anterior.⁽⁷⁾ Sin embargo las retroligaduras posteriormente se conjugaron con elastómeros, favoreciendo o mejorando así algunas de sus características.⁽³¹⁾ las retroligaduras tienden a degradar sus fuerzas, de acuerdo al material empleado, a las condiciones del ambiente bucal o al tiempo de uso, estas variables dan como resultado la reducción de la magnitud de la fuerza inicial empleada, y con eso el movimiento dentario puede disminuir.⁽³²⁾

1.2.4 Elásticos en ortodoncia:

El tratamiento de ortodoncia correctiva, consiste en la transmisión de las fuerzas mecánicas a los dientes con el fin de moverlos a posiciones más apropiadas. Los materiales elásticos, incluyendo cadenas y ligaduras son las más importantes fuentes de fuerza en el movimiento ortodóntico.⁽³³⁾⁽³⁴⁾ Por lo tanto se definirán y estudiarán términos relacionados con estos materiales.

- **Elastómero:** Es un término genérico para todas las sustancias que tienen las propiedades de estiramiento bajo tensión, alta resistencia a la

tracción, se retraen rápidamente, y recuperan sus dimensiones originales totalmente. Ellos son polímeros en general.⁽³⁵⁾

Elastómero, es el término general que se da a materiales poliméricos sintéticos. La goma o elástico natural es también un elastómero, pero no todos los elastómeros se pueden llamar elástico.⁽³³⁾⁽³⁶⁾

- **Historia:** Baker fue el primero en introducir el uso de las fuerzas elásticas recíprocas en ortodoncia, eso también fue reconocido por Angle, a esto se le llamo el "anclaje Baker". Sin embargo, Case, reconoció que Angle antes había hecho uso de bandas de goma para aliviar la carga sobre el anclaje. Hubo pocos informes acerca de las propiedades o usos de los cauchos de ortodoncia, a diferencia de los elastómeros sintéticos, durante los últimos 20 años, tal vez porque los ortodoncistas han estado más familiarizados con su uso. Con la introducción de elastómeros sintéticos en la década del 60,⁽³⁷⁾ el uso de fuerzas elásticas se ha vuelto más común en ortodoncia y desde entonces se han utilizado con diversos propósitos, incluyendo el cierre de espacios.

En los últimos años, se desarrolló más interés en los materiales elásticos centrándose en las propiedades de los elastómeros sintéticos que se han desarrollado para el uso de ortodoncia, tales como hilos elásticos, módulos de ligación, y cadenas elásticas. Sin embargo, el caucho natural se sigue utilizando para producir los elásticos de ortodoncia. El desarrollo de la

industria dental permitió la fabricación del látex de caucho para su mejor biocompatibilidad.

El látex original es la savia natural que es extraída directamente desde el árbol de caucho, contiene 25% a 40% de hidrocarburo del caucho con pequeñas cantidades de material proteico y ácidos grasos. Los elastómeros utilizados en ortodoncia fueron muy estudiados, ya que están acompañando esta especialidad desde la década de los 60,⁽³⁷⁾ aun así, los estudios hallados hacen referencia de los elastómeros estudiados individualmente y no en combinación la retroligadura. Al igual que la gran mayoría de los dispositivos ortodónticos utilizados para emplear fuerzas y consecuentemente mover dientes, no presentan una fuerza constante. Por lo tanto esta característica de los elastómeros y su implicancia clínica, es bastante estudiada. Algunos estudios encontraron que la disminución de la fuerza de los elásticos, exhibieron una gran reducción, llegando a una pérdida promedio del 25-30% en el primer día, siendo la mayor pérdida durante las 2-5 primeras horas.⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾ Estos también observaron que la fuerza de los materiales de caucho se degradaban pero en un grado menor que los sintéticos.

- **Tipos de elásticos:** Los elásticos se pueden dividir según su naturaleza, esta puede ser de látex o de caucho natural y sintético o de polímero.

Al ser los elásticos de caucho natural, estos derivan de una sustancia elástica, impermeable y resistente que se obtiene a partir del jugo lechoso de ciertas plantas tropicales. Este caucho natural es utilizado para la fabricación de los elásticos utilizados en ortodoncia, siendo uno de sus mayores defectos que es más tóxico y alergénico que los cauchos sintéticos, debido a la presencia de proteínas de alto peso molecular y a su vez de aditivos utilizados durante el proceso de fabricación.

Los elásticos sintéticos, sin embargo, fueron elaborados para aumentar las cualidades del caucho natural. Dentro de las materias primas que poseen se menciona al petróleo y el carbón, en esta condición no se llega a un consenso ya que cada fabricante añade diversos tipos de ingredientes para mejorar aún más sus propiedades, a medida que aumenta la incidencia de las reacciones alérgicas al látex, aumenta el uso de productos que no contengan esta materia, esto se también en la especialidad de ortodoncia, así como también si se presentan mejores características en estos últimos se dejaron de lado los elásticos de látex, siendo clínicamente más importantes, hubieron estudios que nos indican las propiedades mecánicas de ambos elásticos de ortodoncia, estos estudios serán relevantes para la práctica clínica.⁽⁴⁰⁾

1.2.5 Elastómero separador:

Hay básicamente tres tipos de separadores: el de alambre de latón, alambre elástico de ortodoncia (o acero) y los separadores elastoméricos. Esta investigación será dirigida a este último, ya que es clínicamente el más

utilizado , fácil de usar , manejar y almacenar .Es un biomaterial usado en la práctica ortodóntica, que crea espacios entre las piezas dentarias adyacentes, Angle ya había mencionado la necesidad de la separación dentaria en 1907, y este método es usado hasta ahora,⁽⁴¹⁾ para crear un espacio facilitando la colocación de bandas, especialmente en las molares.⁽³⁴⁾⁽⁴²⁾

También ayudan en la disminución del dolor y molestias en el paciente, previene el daño de tejidos duros y blandos, asegurando que las bandas encajen en los dientes.⁽⁴¹⁾ La separación de dientes para la colocación de las bandas en los dientes es un procedimiento de rutina en los tratamientos de ortodoncia. Los pacientes suelen regresar para la colocación de bandas sin los separadores de goma entre sus dientes, esto ocurre comúnmente debido a que el espacio interproximal aumenta, y el separador de goma en consecuencia se perdió durante la comida o el cepillado y siendo esta pérdida inadvertida por el paciente, es aconsejable determinar si el separador se eliminó realmente.⁽³³⁾

Existen diferentes tipos de separadores y ellos varían en su forma y características durante la separación, efectividad de separación y mantenimiento de la separación obtenida. En comparación con otros sistemas de separación los módulos elastoméricos son de primera elección, ya que facilitan su colocación y también su remoción, el inconveniente generado es que ellos se pueden perder durante el cepillado y en el momento de alimentarse, esto es muchas veces imperceptible para el

paciente. Por eso que hay veces que el paciente regresa con los módulos separadores en el lugar colocado, pero en los casos que no suceda esto y se haya perdido el espacio obtenido, se deberán colocar nuevamente y dar una cita nueva.⁽³⁴⁾⁽⁴¹⁾⁽⁴²⁾

El separador ideal deberá de quedar seguro entre los dientes, realizar una buena y rápida separación sin causar incomodidad y dolor al paciente, o que esta sea mínima, y que la colocación de la banda sea lo más fácil posible, en cuanto al interés del clínico lo que se quiere que esto ocurra sin la pérdida del módulo separador, ni se introduzca en la encía antes de ser removido.⁽³³⁾⁽⁴²⁾

1.2.6 Ligadura elastomérica:

Este tipo de ligaduras son uno de los componentes más importantes en el tratamiento de ortodoncia porque vinculan al arco de alambre al bracket, generando así las fuerzas necesarias para el movimiento del diente. La facilidad en el manejo, la eficiencia y el costo hacen de ellos, ser más popularmente usados que otras formas de ligadura (por ejemplo, ligaduras de alambre, brackets de auto-ligado).⁽⁴³⁾

Las ligaduras elastoméricas se fabrican en dos formas básicas: la más utilizada es moldeada por inyección, y la segunda forma es por cortado. La ligadura moldeada por inyección es realizada por inyección de material elastomérico licuado en un molde y el curado, mientras que la ligadura hecha por corte es en rodajas de un tubo de elastómero previamente

procesado. Las características de las propiedades de las ligaduras elastoméricas incluyen:

- Fuerzas continuas y suaves.
- Consistente asentamiento del arco de alambre de larga duración.
- Resistencia a la absorción de agua.
- Propiedades de memoria.

Otros artículos refieren como ventajas de las ligaduras elastoméricas:

- La rapidez con la que se pueden colocar.
- Son cómodos para los pacientes.
- Pueden ser colocados y retirados por el paciente.
- No requieren la activación del ortodoncista.
- Potencia su efecto con la masticación y la fonación.
- Pueden cambiarse varias veces al día.
- Están disponibles en una variedad de colores, lo que incentiva su uso especialmente en la pre-adolescencia y adolescencia.⁽⁴⁴⁾

Las desventajas son:

- La dentición y los tejidos blandos pueden verse afectados negativamente por la acumulación microbiana en el diente y las superficies adyacentes a los soportes ligados con este tipo de ligaduras elastoméricas.
- Los arcos de alambre no pueden expresar completamente el torque o se puede realizar la corrección de rotaciones.
- En la unión con el alambre puede ocurrir el fenómeno conocido como binding en la mecánica de deslizamiento.⁽⁴⁵⁾

La fuerza ejercida por una ligadura elastomérica depende de la magnitud de la inicial la fuerza, la duración de que la fuerza y la tasa de degradación de la ligadura. La selección inicial de la ligadura afectará el control sobre la fuerza inicial de la misma, la selección de las dimensiones adecuadas a la situación clínica y la duración del uso. Aún los estudios sobre, la degradación de las fuerzas y los cambios dimensionales en las ligaduras elastoméricas no han recibido una revisión exhaustiva. Las ligaduras elastoméricas son poliuretanos cuya composición exacta es un secreto comercial de cada casa fabricante. El término de poliuretano se da como término genérico a los polímeros elásticos que tienen en su estructura un enlace de uretano, llamándose así, poliuretanos, estos no son polímeros directos de uretano, pero se sintetizan a través de un proceso de reacciones de cualquiera de los poliésteres o poliéteres con isocianatos para producir una estructura compleja con un enlace de uretano. Estos productos no son elásticos ideales y se ven afectados por la duración de la fuerza y el medio ambiente.⁽⁴⁶⁾

Pocos estudios han evaluado el comportamiento de ligaduras elastoméricas individualmente. Los estudios de los productos elastoméricos han evaluado estos elásticos y sus efectos a través del tiempo, temperatura, pH salival, la absorción de agua, la deformación permanente, y la fuerza. Aunque ligaduras elastoméricas están hechos del mismo material que las cadenas elastoméricas, las aplicaciones clínicas son diferentes. Los materiales elastoméricos son alterados en presencia de humedad por absorción de agua y esto facilita la descomposición fuerza.

En cuanto al pH se realizaron estudios donde la exposición de los elastómeros a una solución de ensayo (pH 7,26) producido significativamente mayor degradación de la fuerza que la degradación obtenida en una solución ácida (PH 4,95).⁽⁴⁷⁾ Muchos autores han informado sobre la deformación permanente y la pérdida rápida de la fuerza de estos elastómeros, además, estos productos pierden entre 50% a 70% de su fuerza en las primeras 24 horas.⁽²²⁾⁽²³⁾⁽⁴⁸⁾

1.2.7 Degradación de los elastómeros:

Una de las principales características de los elastómeros es la rápida degradación de sus fuerzas inmediatamente después de su activación, podemos mencionar estudios sobre cadenas elastoméricas que pierden entre el 50 a 70% de la fuerza inicial durante el primer día y después de tres semana conservan solamente 30% a 40% de la fuerza original, otros investigadores refieren que después de cuatro semanas las cadenas elásticas retuvieron aproximadamente sólo el 40% de su fuerza original, mientras que la mayor pérdida, alrededor del 50%, se dio dentro de las primeras 24 horas.⁽²⁸⁾

Muchos estudios demostraron la pérdida de la fuerza inicial en diversos periodos de activación, en 24 horas los elásticos de látex perdieron el 42% de la fuerza inicial, y el mayor porcentaje de degradación se produce en la primera hora.⁽²²⁾ Otros estudios encontraron que la degradación de la fuerza puede ocurrir debido a otros factores, como:

- La masticación.

- El grado de higiene oral.
- Las enzimas que se encuentran en la saliva
- El grado de temperatura en el cual se mantiene la cavidad bucal.⁽²³⁾⁽⁴⁸⁾

Un patrón similar de la degradación de la fuerza en el ambiente húmedo fue observado por otros estudios.⁽⁴⁹⁾ También encontraron factores diversos como:

- Los estiramientos repetidos en el habla.
- Los bostezos.
- Los movimientos al comer, lo cual da tensiones cíclicas.

Siendo estas de mucha importancia, por lo que la mayor parte de la degradación se da en los primeros doscientos ciclos,⁽⁵⁰⁾ por lo tanto, también fue de suma importancia esta investigación para evaluar la degradación de las fuerzas de los elásticos.

Otros estudios señalaron que no existe diferencia en la degradación de la fuerza entre las cadenas elastoméricas grises y claras.⁽⁴⁶⁾ Se ha informado que las fuerzas ejercidas por las ligaduras elastoméricas en los arcos de alambre no son tan altos como con las ligaduras metálicas. Sin embargo, el ligado con elastómeros da una fuerza inicial similar al de las ligaduras metálicas, que se va degradando las primeras 24 horas.⁽⁴⁴⁾

1.3 Investigaciones

SUREI y cols (2006), en Turquía, en un estudio de serie de casos, longitudinal prospectivo a boca dividida, evaluaron los efectos de las ligaduras laceback sobre la distalización canina durante la fase de nivelación y la alineación, además compararon la eficacia de estas con otro método de retracción, el elegido fue el resorte cerrado superelásticos de NiTi, en este estudio se incluyeron quince sujetos con relación molar clase I de Angle, cuyos tratamiento de ortodoncia fija fueron planeadas con extracciones de los primeros premolares para resolver el apiñamiento en los arcos superiores y / o inferiores. Se utilizaron brackets Roth de acero inoxidable de adhesión directa (0,022 pulgadas), para la distalización se utilizaron resortes cerrados de NiTi, que generaron una fuerza de 150 g en un lado y lacebacks de alambre de ligadura 0,010 pulgadas se aplicaron en el lado contralateral. Se evaluaron los cambios dentales y esqueléticos, al inicio y post-distalización con radiografías cefalométricas y submento-vertex. La prueba de Icoxon fue aplicada para determinar las diferencias entre pre-distalización y post-distalización. Como resultados se obtuvieron que las coronas de incisivos superiores se movieron en sentido posterior, el movimiento distal y la inclinación de los caninos fueron significativas en ambos grupos. Del mismo modo, el movimiento mesial e inclinación de los primeros molares eran significativas para ambos grupos. Además, la rotación disto-palatina de los caninos fue significativa en el grupo de los resortes de NiTi. Los movimientos (mesialización e inclinación) de caninos y molares fueron mayores para el grupo de resortes (4.07 mm y 11.63°) que para el grupo laceback (11.67 mm y 4.50°), y las diferencias fueron significativas. Estas diferencias pueden ser

atribuidas a la fuerza, así como al tamaño y material del arco de alambre; concluyendo que los dispositivos laceback, son efectivos para la distalización de los caninos y se logra un movimiento es más controlado.⁽²⁷⁾

MITRA y cols (2011), en la India, realizó un estudio de serie de casos, prospectivo cuyo objetivo fue comparar la tasa de cierre de espacios entre la mecánica de cadena elastomérica en un lado del arco superior con el módulo elastomérico con alambre de ligadura en el lado contralateral en un mismo paciente. Para realizar este estudio se evaluaron treinta casos de pacientes con protrusión dento-alveolar bimaxilar, se planificó el tratamiento con aparatología fija MBT, de 0.022", y extracción de primeros premolares tratamiento de ortodoncia fija después de la extracción de todos los primeros premolares para retraer los dos dientes anteriores superiores e inferiores. Después de la alineación y nivelación inicial, se tomaron impresiones con alginato y se construyeron modelos de ambos arcos; se utilizó un pie de rey para medir el espacio de extracción en ambos lados, esto desde el punto medio de la superficie distal de caninos a la superficie mesial del segundo premolar, el procedimiento de cierre de espacios se inició sólo cuando se llegó el calibre de alambre 0,019 "x 0,025", se soldó una sección de alambre en forma de S en los cuatro cuadrantes, luego se inició con los diferentes mecánicas de retracción, en el lado derecho se utilizó la cadena elastomérica y en el lado izquierdo el módulo elastomérico con ligadura de acero (0.010"), esto en los arcos superior e inferior, estos se extendieron el doble de su diámetro en ambos arcos. Ambos mecanismos produjeron aproximadamente entre 250-300 g de la fuerza. Después del inicio de la

retracción todos los pacientes fueron evaluados después de cada seis semanas durante tres visitas (6, 12, 18 semanas), y en todas estas se cambiaron los módulos y cadenas elastoméricas. En las tres visitas se tomaron impresiones y se construyeron modelos, y se volvió a medir el espacio restante con el pie de rey. El análisis estadístico de los datos obtenidos se llevó a cabo utilizando la prueba "t" student. Del estudio se obtuvieron los siguientes resultados; en el caso de las cadenas elastoméricas el valor para el cierre total del espacio, fue de 2.777 mm, mientras que en el caso del módulo con el alambre de ligadura el valor aumentó a 3,017 mm, el valor para la tasa de cierre de espacios en el caso de la cadena elastomérica fue 0.2143 mm, mientras que en el caso del módulo con el alambre de ligadura el valor aumentó a 0,2343 mm con una desviación estándar de 0.001104 y 0.001194, respectivamente. La desviación estándar de cierre total del espacio que se encontraron fue de 0,1487 para módulos con ligadura de alambre y 0,1305 para la cadena elastomérica, el P valor también se calculó y se encontró que la velocidad de cierre de espacio es más en caso de módulo con ligadura y es estadísticamente significativa.⁽⁵¹⁾

MIRHASHEMI y cols (2012), en Irán, realizó un estudio in vitro, cuyo objetivo fue comparar cadenas elastoméricas, unas que ofrecían una gran memoria elástica, según sus fabricantes con otras cadenas tradicionales, de acuerdo a la fuerza para la que fueron fabricadas, para lo cual se estudiaron 240 piezas de cadenas elastoméricas, de tres diferentes compañías de ortodoncia, cada marca se dividió en dos grupos con respecto a sus

propiedades ofrecidas en los catálogos de cada producto (con o sin memoria); cada muestra se estiró al doble de su longitud original y se mantuvo en agua destilada a una temperatura de 37 °C. se midió la fuerza de estiramiento con una máquina universal de ensayos en intervalos de 0, 1, 8, 24, 72 horas y 1, 2 y 4 semanas, además, se calcularon las cantidad de estiramiento requerido para obtener 200 g de fuerza. Los resultados obtenidos fueron que la tasa de disminución de la fuerza fue significativamente diferente entre las cadenas tradicionales y con las que tenían memoria, las cadenas tradicionales, tuvieron un deterioro sustancial en vigor en la primera hora y el 30-40% de la fuerza se conservó en 4 semanas, las cadenas con memoria demostraron fuerza más constante y conservan un 60 % de la fuerza. La cantidad máxima de alargamiento requerido para entregar 200 g fuerza pertenecía a cadenas con memoria de American Orthodontics (61,9 % después de 24 horas) y el mínimo para Ortho-Technology ECs (23,4 % inicial). Para comparar los resultados, se realizaron pruebas de ANOVA y Tukey.⁽³²⁾

KAMISSETY y cols (2014), en la India, en un estudio in vitro, compararon el rendimiento de los elásticos de látex y de no látex, se midió el diámetro interno, el área de la sección transversal, las fuerzas generadas inicialmente, la fuerza de relajación de los elásticos mantenidas en constante extensión durante 48 horas y la fuerza de rotura para la diferentes tipos de elásticos; se trabajó con muestras de 0,25 pulgadas, de elásticos de látex y de no látex (livianos, medios, pesados), estos se obtuvieron de tres fabricantes (Forestadent, GAC, Glenroe), se puso a prueba diez elásticos por grupo. Las

propiedades probadas incluyeron el área de sección transversal, diámetro interior, fuerza inicial generada por los elásticos, fuerza de rotura y la fuerza de la relajación para los diferentes tipos de elásticos. Las pruebas de fuerza de relajación implicaban el estiramiento de los elásticos a tres veces su diámetro interno del comercializado (19,05 mm) y la medición de nivel de fuerza en intervalos durante un período de 1, 6, 12, 24 y 48 horas. Los datos se analizaron con la prueba “t” de student, ANOVA y la prueba Tukey – HSD. Los resultados obtenidos los elásticos de no látex tuvieron una mayor área en lo que respecta a la sección transversal, comparado con todos los tipos de elásticos de látex, los elásticos pesados Forestadent tuvieron una mayor área de la sección transversal que los de GAC y Glenroe. No hubo diferencia estadísticamente significativa en el diámetro interno entre todos los tipos de elásticos. Los elásticos de no látex Forestadent tenían mayor fuerza a la rotura en comparación con los elásticos de GAC y Glenroe. Las fuerzas generadas por los elásticos disminuyeron después de 48 horas a una carga media que se aproxima al 65-75 % de los valores del fabricante, la degradación de la fuerza era mayor en los elásticos de no látex en comparación con elásticos de látex.⁽⁵²⁾

MOHAMMADI y cols (2015), en Irán, realizaron un estudio in vitro, cuyo objetivo fue evaluar la fuerza inicial y la degradación de la fuerza de ligaduras elastoméricas y separadores elastoméricos disponibles comercialmente, en tie-backs activos en un ambiente similar al oral, se estudiaron 288 productos elastoméricos, incluyendo 48 ligaduras elastoméricas claras y 48 separadores elastoméricos de color azul, de tres

marcas diferentes. Se estiraron las ligaduras elastoméricas y separadores y se midió su fuerza inicial y los resultados se compararon con las fuerzas adecuadas para el movimiento de los dientes (150 a 200 g), los productos fueron estirados selectivamente a 100% y 150% de su diámetro interior inicial. Las 288 muestras seleccionadas fueron divididos en 12 grupos según el tipo de producto, el fabricante y la cantidad de estiramiento, de tal manera que 24 especímenes de cada marca se estiraron a un 100% del diámetro interior inicial y otros 24 de la misma marca eran estirados a un 150% de su diámetro interior inicial, se utilizó el aparato de sujeción utilizado por Natrass el cual fue modificado, que consistía en un bastidor principal de latón cromado de 70 x 18 cm dos postes de 12 mm de longitud fueron colocados en este marco; uno de los postes era fijo y el otro era móvil. La distancia entre los dos postes se podría ajustar mediante un tornillo colocado en el marco principal. Dos tubos de latón cromado de 28 mm de longitud fueron fabricados para ser colocados en los postes; un gancho de acero se suelda a la mitad de estos tubos. Estos tubos y ganchos hacen posible la transferencia de las muestras a una máquina de prueba universal, después de la colocación de la muestra en los ganchos, la máquina estiró las muestras a 100% o 150% de su diámetro interior a una velocidad de deformación de 0,2 pulgadas / min para crear una condición similar, después de registrar la fuerza inicial, las muestras se mantuvieron estiradas durante 3 minutos. A continuación, se volvió a registrar la fuerza de cada muestra, se midió después de 24 horas y 1, 2, 3 y 4 semanas. Todos los aparatos de sujeción y las muestras se mantuvieron en recipientes de acero en saliva artificial a 37 °C. Se utilizó una muestra de prueba de Kolmogorov-Smirnov

para evaluar la distribución normal de los datos y el análisis de la varianza (UNIANOVA) se utilizó para evaluar las diferencias en las medias de las fuerzas y su degradación en los diferentes grupos. Por último, se utilizó el test post hoc de Tukey para comparar los grupos. Los promedios de las fuerzas iniciales de ligaduras elastoméricas y separadores de las tres compañías mencionados anteriormente, cuando se estiraron al 100 % de sus diámetros interiores, fueron 199, 305 y 284 g, y 330, 416 y 330 g; cuando se estiraron a 150 % de sus diámetros interior los valores fueron de 286, 422 y 375 g, y 433, 540 y 504 g, respectivamente. En el estado de tieback activo, 11-18 % de la fuerza inicial de las muestras se perdió en los primeros 3 minutos y 29 a 63 % de la degradación de la fuerza ocurrió en las primeras 24 horas; luego, la velocidad de disminución de fuerza disminuye, entre 62-81 % de la fuerza inicial se perdió en 4 semanas. Aunque el patrón de degradación de la fuerza era idéntico en todos los productos, la fuerza y la degradación inicial de productos elastoméricos Dentaurum fueron menores que los productos similares de otras compañías. En las mismas condiciones, la fuerza de separadores elastoméricos fue mayor que ligaduras elastoméricas de la misma empresa.⁽³¹⁾

PATEL y cols (2016), en la India, realizaron un estudio in vivo, longitudinal prospectivo, para comparar los niveles de pentraxina 3 (PTX-3) en el fluido del surco gingival (GCF) en pacientes tras someterse a la retracción ortodóntica del canino con tieback activo y muelle helicoidal de níquel y titanio (NiTi), para este estudio se evaluaron quince pacientes del grupo de edad entre 15-25 años, con extracción de primeros premolares fueron

seleccionados para someterse a la retracción canina. Un mes después de la colocación de alambres de acero de calibre de 0,019 "x 0,025 ", la retracción canina se inició con el tie-back activo (150 g fuerza) en el cuadrante superior derecho y resorte helicoidal de NiTi (150 g fuerza) en el cuadrante superior izquierdo, las muestras de GCF se recogieron 1 h antes del inicio de la retracción canina y después a intervalos de 1 hora, 1 día, 1 semana y 2 semanas después de la aplicación de la fuerza. Las muestras de GFC se analizaron para niveles de PTX- 3 con la técnica de ELISA. En los resultados obtenidos los niveles promedios de PTX-3 en 1 h antes de la retracción canino (base) fueron $1,30 \pm 0,22$ ng/ml y en 1 h $1,66 \pm 0,33$ ng/ml, 1 día $2,65 \pm 0,09$ ng/ml, 1 semana $1,96 \pm 0,15$ ng/ml, y 2 semanas $1,37 \pm 0,18$ ng/ml, en el grupo tieback activo. Los niveles promedios de PTX- 3 en 1 h antes de la retracción canina fueron $1,32 \pm 0,30$ ng/ml, y en 1 h $1,71 \pm 0,39$ ng/ml, 1 día $2,78 \pm 0,12$ ng/ml, 1 semana $2,52 \pm 0,18$ ng/ml, y 2 semanas $2,12 \pm 0,17$ ng/ml en NiTi grupo resorte helicoidal. Una diferencia significativa fue encontrada en los niveles de PTX-3 en el GCF durante la retracción canina entre el tie-back activo y el resorte de NiTi a 1 día, 1 semana y 2 semanas. Mostrando así que los niveles de PTX-3 aumentaron en 1 h después de la aplicación de la fuerza de ortodoncia y el pico alcanzado fue 1 día después, seguido de una disminución gradual en 1 semana y 2 semanas en ambos grupos.⁽⁵³⁾

1.4 Marco conceptual

- **Brackets de ortodoncia:** Pequeño dispositivo de metal o de cerámica utilizado para sujetar el arco de alambre. Estos accesorios

están soldados a una banda de ortodoncia o se cementan directamente sobre los dientes. Brackets Bowles, brackets edgewise, brackets de fases múltiples, brackets de arco cinta, brackets de doble alambre, y los brackets universales, son todos los tipos de brackets de ortodoncia. Término introducido el año 1992.⁽³⁵⁾

- **Cierre de espacio ortodóntico:** terapia de cierre de los espacios causados por la extracción de los dientes, la ausencia congénita de los dientes, o el espacio excesivo entre los dientes. Término introducido el año 1997.⁽³⁵⁾
- **Elastómero:** Los elastómeros son materiales que tienen la capacidad de volver rápidamente a su tamaño original después una deformación sustancial, que actúan de manera similar al resorte helicoidal.⁽³⁹⁾
- **Elastómero separador:** Es un biomaterial usado en la práctica ortodóntica, que crea espacios entre las piezas dentarias adyacentes, para crear un espacio facilitando la colocación de bandas, especialmente en las molares. También ayudan en la disminución del dolor y molestias en el paciente, previene el daño de tejidos duros y blandos, asegurando que las bandas encajen en los dientes.⁽⁴²⁾
- **Elastómeros sintéticos:** Son polímeros a base de poliuretano, con propiedades fisicoquímicas superiores a los elastómeros derivados de fuentes naturales del caucho.⁽³⁹⁾

- **Estiramiento elástico:** Es un efecto reversible que ocurre cuando una carga aplicada causa que las moléculas individuales de polímero se desarrollen, enderecen y se extiendan.⁽⁵⁴⁾
- **Fricción:** La fricción es la fuerza que resiste contra el movimiento de una superficie en relación con otra y que actúa en la dirección opuesta al movimiento deseado.⁽⁵⁵⁾
- **Fuerza:** Es una carga aplicada sobre un objeto que tendera a desplazarlo a una posición diferente en el espacio. La fuerza aunque se define estrictamente en unidades de Newtons (masa de aceleración de la gravedad), se suele medir en unidades de peso, por ejemplo: gramos u onzas.⁽²¹⁾
- **Ligadura distal activa (active tieback):** ligadura metálica .009 o .010 combinada con módulo elástico que se coloca desde el molar hasta el gancho del arco, su función es cerrar espacios.⁽²⁶⁾
- **Ligadura distal pasiva (passive tieback):** ligadura metálica .009 o .010 que se coloca desde el gancho del último molar cementado hasta el gancho del arco .019 x .025 de Acero Inoxidable con el propósito de mantener los espacios cerrados en la etapa de finalización.⁽²⁶⁾

- **Material dental y biomédico:** sustancias utilizadas en biomedicina o en odontología, predominantemente por sus propiedades físicas, en lugar de las propiedades químicas, término introducido el año 1998.⁽³⁵⁾
- **Retroligadura (laceback):** ligadura metálica .009 o .010 que se pasa en 8 desde el último molar cementado hasta el canino de la misma arcada, en los arcos iniciales, con el fin de evitar la pro-inclinación incisiva al expresarse la inclinación del bracket del canino.⁽²⁶⁾

CAPÍTULO II: EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Planteamiento del problema

2.1.1 Descripción de la realidad problemática

Los elásticos son muy utilizados en el tratamiento de ortodoncia, ya que estos proveerán de fuerzas que ayudarán en la resolución de mal posición dentaria, cada uno de estos son componentes activos, siendo así considerados como valiosos complementos de cualquier tratamiento de ortodoncia, debido a sus presentaciones serán utilizados de diversas maneras y en diferentes casos, de acuerdo al objetivo para el cuál se requiera utilizar, estos tendrán múltiples ventajas que incluyen su flexibilidad, bajo costo, y una gran capacidad para retornar a sus dimensiones originales después de una deformación sustancial. Sin embargo, presentan algunas desventajas como la pérdida rápida de la fuerza inicial, los elásticos sufren desgaste físico-mecánico, de acuerdo a las condiciones y forma de uso que se les dará, entre estas tenemos a la saliva, alimentos, higiene, fuerza inicial de trabajo, cantidad de estiramiento, masticación, entre otras, estas

condiciones a las cuales están expuestos deformarían o degradarían sus propiedades, en especial la elasticidad, que a su vez disminuiría la fuerza con la que se inició su uso.

Es por tanto, de suma importancia el estudio de la degradación de las propiedades de los elásticos en sus diversas presentaciones, determinando en qué proporción esta degradación, afectará en la fuerza expresada, esta degradación viene siendo estudiada de diversas maneras, por marcas de fábrica, por dimensión, por distancia de activación, entre otras, estos estudios tienen variancias en el resultado ya que muchas de las condiciones en las que se realizan, no son las mismas a las que están sometidas en la boca. Los estudios realizados pueden ser in vitro o in vivo, dependiendo de cómo se desarrolle sus controles.

Las retroligaduras también conocidas como tie-back o lace-back, pueden utilizar los elásticos, mayormente en la retracción de piezas dentarias, específicamente caninos, estas combinaciones de ligaduras metálicas con cadenas de poder, ligaduras elásticas o elásticos separadores sufren también procesos de degradación, de tal modo que es necesario el conocimiento del tiempo y cantidad del cambio dado en estos materiales, para que en futuros usos de estos aditamentos evitemos la permanencia excesiva o la disminución de la fuerza de retracción, disminuyendo la efectividad de las retroligaduras durante su estadía en boca. La degradación de las propiedades físico-mecánicas, serán motivo del recambio de la retroligadura, siempre y cuando el ortodontista lo crea necesario, así será

capaz de manejar y controlar los diversos factores que eviten el movimiento dental no deseado, conociendo esto se podrían realizar tratamientos más efectivos.

2.1.2 Antecedentes teóricos

En ortodoncia resulta esencial llegar a entender la biología, fisiología y los mecanismos celulares y moleculares que regulan el movimiento dentario durante la aplicación de fuerzas ortodónticas. Estos mecanismos ampliamente estudiados deben comprometer no solo el complejo periodontal, sino también el complejo pulpo-dentinario como resultado de la acción de las fuerzas ortodónticas.

Según los estudios realizados al complejo periodontal, los cambios sucedidos como reacción de las fuerzas ortodónticas comparadas a las fuerzas fisiológicas, no tiene muchas diferencias, pero se debe asumir que durante el tratamiento ortodóntico estos movimientos se llevan a una mayor rapidez, por lo tanto, los cambios generados por las fuerzas ortodónticas serán mayores.

Es por eso que las fuerzas que se emplean en los tratamientos ortodónticos deben de ser controladas y mantener niveles que no hagan perder el equilibrio biológico de las estructuras sometidas a las diferentes cargas. Habiendo sido estas fuerzas ya estudiadas, debemos de conocer los límites de carga de las piezas dentaria individualmente o en grupo, logrando así un control adecuado de nuestro tratamiento.

Numerosos estudios demostraron que las mejores fuerzas en ortodoncia, son aquellas de baja intensidad pero constantes, es por eso que los dispositivos y biomateriales fabricados para realizarlos se evalúan constantemente, para mejorar sus características estructurales y también eliminar las que no son favorables para sus propósitos.

Estos dispositivos cumplen numerosas funciones, la retroligadura, como dispositivo de distalización, motivo de estudio de esta investigación fue evaluada en pocos estudios, tanto en sus características físicas y químicas, evaluando así su efectividad. Es así que estudios que evaluaron su efectividad demostraron que la retroligadura o laceback son eficaces en la distalización de caninos, en comparación con el resorte cerrado súper-elástico de NiTi, la cantidad y la velocidad de movimiento del canino fue menor. Sin embargo, se obtuvo un movimiento más controlado del canino en los planos sagital, vertical y transversal.⁽²⁷⁾

También se evaluaron mecánicas de deslizamiento asociadas a estos dispositivos, en los cuales se hace la mención que, la mecánica de deslizamiento cuando se aplica correctamente es un eficaz método para realizar el cierre de espacios en casos de protrusión dentoalveolar bimaxilar teniendo un mejor control del movimiento dental en aparatología MBT 0,022". Y que la retroligadura es relativamente una alternativa mejor a la cadena E - cadena para el cierre de espacios posterior a la extracción.⁽⁵¹⁾

Para que las fuerzas de la retroligadura sean constante, debe de ser confeccionada con materiales que eviten la degradación rápida de sus propiedades, la retroligadura combinada con elastómeros viene siendo ampliamente usada, en sus diversas presentaciones, cadenas elastoméricas, ligaduras elásticas, elásticos separadores, entre otros. Por lo tanto se estudiaron también las propiedades mecánicas, comportamiento y degradación de las fuerzas de las diferentes elastómeros; compararon así cadenas elastoméricas convencionales, con otras con propiedades de memoria, las últimas mostraron un nivel más bajo de la fuerza con un alargamiento inicial de 100 %; sin embargo, su tasa de degradación de la fuerza en más de 4 semanas fue más lento, y difería significativamente de la convencional, dando así que las cadenas elastoméricas, con memoria dieron comportamientos clínicos más favorables y se debe aplicar más ampliamente en la práctica de ortodoncia.⁽³²⁾ También se estudiaron en su composición ya que algunos elastómeros contiene látex y otros no, como en el estudio de Kamisetty, donde no encontraron diferencias significativas en sus propiedades pero si llegaron a sugerir que la elección clínica de los elásticos se debe basar en el historial médico del paciente y las propiedades mecánicas específicas del tipo de elástico.⁽⁵²⁾

Otro estudio del cual tenemos bases experimentales, compararon retroligaduras confeccionadas con elastómeros separadores y ligaduras elásticas, La relación degradación y fuerzas constantes siempre deberá tomarse en cuenta para las retroligaduras, como ya se mencionó anteriormente un dispositivo que brinde fuerzas constantes, llevará a

mejores resultados; en el año 2015 se llevó a cabo un estudio en el cual se evaluó estos elastómeros, ligaduras y separadores, en dicho estudio se concluyó que la degradación inicial en minutos fue hasta de un 18% y a las 24 horas se perdió hasta un 63 % de la fuerza tratando de simular el ambiente de la cavidad oral, pero estas se agruparon según su estiramiento, un grupo estirando su diámetro hasta un 100% y otro grupo hasta un 150%, llegando a la conclusión que los elastómeros separadores degradan menos su fuerza que los de ligadura.⁽³¹⁾

Después de revisar diversas investigaciones en las cuales está inmersa la retroligadura, sus propiedades, características y componentes, analizamos y concluimos que a pesar de haberse realizado múltiples estudios es necesario ahondar mucho más sobre este dispositivo para así poder traerlo a nuestra realidad y aplicarlos para obtener mejores resultados en nuestros tratamientos.

2.1.3 Definición del problema

2.1.3.1 Problema principal

¿Cuál es la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas?

2.1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye el tiempo de activación, en la disminución de la fuerza de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras?

- ¿Cómo se relaciona el tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras?
- ¿Existe interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras?

2.2 Finalidad y objetivos de la investigación

2.2.1 Finalidad

La presente investigación tiene por finalidad, determinar en qué medida afecta el tiempo de uso en la degradación de fuerzas de tracción de las retroligaduras confeccionadas con dos tipos de elastómeros, ligaduras elásticas y elásticos separadores, empleadas en la retracción canina por ortodoncia, de tal manera que se establezca características y diferencias de cada uno de los elementos evaluados, para posteriormente tener objetividad en el uso o elección de cualquiera de los materiales utilizados para el movimiento dentario requerido durante el tratamiento de ortodoncia.

Durante los tratamientos de ortodoncia se necesita la aplicación de fuerzas para conseguir el movimiento dental deseado, cada uno de los movimientos dentales requeridos serán realizados con diferentes dispositivos ortodónticos, dentro de los cuales está la retroligadura.

Los elastómeros en combinación con las ligaduras metálicas son utilizados en la retracción dental y cierre de espacios, desde mucho tiempo atrás y

hasta la actualidad son una herramienta que provee resultados adecuados en el tratamiento de ortodoncia, siendo así un instrumento importantes en la obtención de los objetivos inicialmente trazados en el tratamiento ortodóntico; ambos materiales, elásticos y separadores, sufren cambios, físicos y mecánicos, principalmente en la fuerza, por lo cual evaluaremos la degradación de sus fuerzas midiendo su desgaste en diferentes lapsos de tiempo, aplicados, estudiados y medidos en maquetas o simuladores ortodónticos.

2.2.2 Objetivo general y específicos

2.2.2.1 Objetivo general

Determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.

2.2.2.2 Objetivos específicos

- Establecer la influencia del tiempo de activación, en la disminución de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.
- Identificar la relación del tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras.
- Establecer la existencia de interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras.

2.2.3 Delimitación del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el semestre académico 2017-II, periodo comprendido entre los meses Abril a Julio del año en mención, constituyéndose así los límites temporales del estudio. El estudio se llevó a cabo bajo modelos experimentales in-vitro, mediante el análisis de medidas de las fuerzas de los elásticos utilizados en las retroligaduras, los cuales se sometieron a los procesos planificados por el investigador, lo cual permitió comprender mejor el efecto del tipo de elástico y la relación con la degradación de fuerzas, durante un tiempo programado.

La obtención de los datos fue llevado a cabo en el laboratorio dental del suscrito.

2.2.4 Justificación e importancia del estudio

El presente estudio, busca dar a conocer la pérdida de la fuerza de tracción que sufren las retroligaduras, debido a la degradación de sus componentes elastoméricos, los cuales son usados en distintas presentaciones, es por eso que evaluaremos dos tipos de elastómeros que son los más utilizados. Esto para que el ortodoncista llegue a conocer el manejo más efectivo de estos dispositivos, por lo tanto, disminuir el tiempo de tratamiento de ortodoncia. La investigación buscará que el profesional conozca no solo la utilidad de cada uno de estos dispositivos, sino también el tiempo adecuado de recambio, de acuerdo al grado de degradación de fuerzas, durante el tratamiento de ortodoncia, logrando así ser consideradas como valiosos complementos activos. Esta investigación, al llevarse a cabo en la Unidad de

Segunda Especialidad de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, servirá de referencia para el uso de este dispositivo en las áreas de ortodoncia y como base de otras investigaciones que podrían ahondar más su utilización.

2.3 Hipótesis y variables

2.3.1 Supuestos teóricos

En la resolución tratamientos de ortodoncia, que hayan requerido la retracción de los caninos, se utilizan un sinfín de artilugios y dispositivos para conseguir el objetivo planteado, sin embargo, aún no se llegó a un consenso en la elección del dispositivo más útil y efectivo; algunos de estos, son las retroligaduras elásticas, utilizadas en las mecánicas de deslizamiento, estas son combinaciones de módulos elastoméricos y ligaduras metálicas, por lo tanto la comparación de las propiedades, el tipo y la función de cada una de las partes y a la vez en conjunto deberán ser estudiadas y comparadas.

2.3.2 Hipótesis principal y específicas

2.3.2.1 Hipótesis principal

Existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.

2.3.2.2 Hipótesis específicas

- El tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.

- El tipo de módulo elastomérico se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras.
- La interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras.

2.3.3 Variables e indicadores

En la presente investigación se incluyeron las siguientes variables con sus respectivos indicadores:

A. Variables de Estudio:

- **Variable Independiente:**
 - Tiempo de activación
 - **Indicadores:**
 - Tiempo transcurrido desde el inicio de su activación.
- **Variable Independiente:**
 - Tipo de módulo elastomérico
 - **Indicadores:**
 - Módulo elastomérico evaluado.
- **Variable Dependiente:**
 - Resistencia a la tracción
 - **Indicadores:**
 - Fuerza necesaria para producir el estiramiento.

La evaluación de las variables se llevó a cabo mediante la definición operacional de las variables, en la cual se establece la descomposición de las variables en sus dimensiones, indicadores y escalas de medición.

DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TIPO DE ESCALA
Variable Independiente Tiempo de activación	Cronológica	Tiempo transcurrido desde el inicio	0=basal 1=4horas 2=1 semana 3=2 semanas 4=3 semanas	Ordinal
Variable Independiente Tipo de módulo elastomérico	Biomateriales	Módulo elastomérico evaluado	Elástico separador Elástico de ligadura	Nominal
Variable Dependiente Resistencia a la tracción	Físico	Fuerza necesaria para producir el estiramiento	0 . . .	De razón

DE ESTUDIO

CAPÍTULO III: MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTO

3.1 Población y muestra

3.1.1 Población

La población de estudio fue constituida por todos los módulos elastoméricos de tipo ligadura y separadores, combinadas con ligaduras metálicas, utilizados como dispositivos de retroligaduras, que pudieron ser adquiridos para el estudio, cuya cantidad será indefinida según las necesidades del investigador.

3.1.2 Muestra

La investigación planificada fue llevada a cabo en una muestra representativa de la población de estudio, en un tamaño muestral mínimo. Para la determinación del tamaño muestral se hará uso de la fórmula por delta estandarizada:

$$\Delta E = \frac{\bar{X}_c - \bar{X}_e}{S_c}$$

Dónde:

- ΔE = Delta Estandarizado o Diferencia clínica.
- \bar{X}_c = Media del Grupo Control.
- \bar{X}_e = Media del Grupo Experimental.
- **SC**= Desviación Estándar del Grupo Control.

$$\Delta E = \frac{199.5 - 330.0}{20.5}$$

Dónde:

- ΔE = ?
- \bar{X}_c = 199.5(31)
- \bar{X}_e = 330.0(31)
- **SC**= 20.5(31)

$$\Delta E = 6.37$$

Considerando un nivel de significancia a dos colas de 0.05, bajo un valor estimado de delta de 1.50, y un $\beta=0.2$, se estableció:

$n = 9$ muestras de retroligaduras por cada grupo

Considerando la posibilidad que existan ligaduras que pudieron echarse a perder durante el desarrollo de la investigación, se recalculó el tamaño muestral por grupo en base a una tasa de pérdida de 10%.

$$nc = n \frac{1}{1 - R}$$

Dónde:

- **nc**=Tamaño Muestral Corregido a Pérdidas.
- **n**=Tamaño Muestral no Corregido a Pérdidas.
- **R**=Tasa Estimada de Pérdida.

$$nc = 9 \frac{1}{1 - 0.1}$$

Dónde:

- **nc**=?
- **n**=9
- **R**=10%= 0.1

nc = 10 muestras de retroligaduras por cada grupo.

Tomando en consideración que el estudio fue llevado a cabo en 2 grupos de retroligaduras, se obtuvo:

$$n = ng \times g$$

Dónde:

- **n**=Tamaño Muestral Total.
- **ng**=Tamaño Muestral por grupos.
- **g**=Cantidad de grupos a trabajar.

$$n = 10 \times 2$$

Dónde:

- **n**=?
- **ng**=10
- **g**=2

n = 20 muestras de retroligaduras en total.

La muestra de la presente investigación se llevó a cabo en un mínimo muestral de 20 retroligaduras distribuidas en dos grupos homogéneos de 10 retroligaduras cada uno.

3.1.3 Unidad de muestreo

Las unidades de muestreo del presente trabajo de investigación, fueron conformadas por cada uno de los elastómeros y ligaduras metálicas que son

parte de las retroligaduras, procedentes de la compra directa del investigador a casas dentales de manera aleatoria, las cuales fueron obtenidas durante el periodo académico 2017-II, las cuales cumplieron con los criterios de elegibilidad planteadas por el investigador; y cuya totalidad fue conforme a la muestra.

3.1.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis empleada en la presente investigación fue constituida por las fichas de recolección de datos correspondientes a cada una de las unidades de muestreo.

3.1.5 Tipo de muestreo

El muestreo que se utilizó en el estudio fue de tipo no probabilístico consecutivo, ya que las retroligaduras se conformaron según se adquirieron de manera aleatoria, y según cumplieron con los criterios de selección establecidos para la investigación.

3.1.6 Selección de la muestra

Los dispositivos que fueron considerados unidades muestrales en el estudio, se evaluaron en base a los siguientes criterios de elegibilidad:

3.1.6.1 Criterios de inclusión

Los dispositivos de retroligaduras, para ser considerados dentro del estudio como unidades de muestreo, cumplieron con los siguientes criterios:

- La parte pasiva estuvo conformada con alambre de ligadura 0.9 de acero. Esta ligadura metálica fue nueva y de una sola casa matriz para ambos grupos.
- Cada grupo de elastómeros se obtuvo de una sola casa matriz y tuvieron las mismas características. Se utilizaron solo elastómeros para ligado y de separación.
- Los elastómeros utilizados en el estudio fueron totalmente nuevos, en paquetes sellados y en buen estado de conservación.
- Los elastómeros utilizados no presentaron angulaciones, fueron redondeados en todos sus contornos.

3.1.6.2 Criterios de exclusión

Los dispositivos de retroligaduras que presenten alguno de los criterios listados abajo, no se consideraron como unidades muestrales del estudio:

- Alambres de ligadura de diferente calibre al descrito.
- Alambres de ligadura mal manipulados durante su la confección de las retroligaduras.
- Elastómeros con signos de deterioro o mal estado.
- Elastómeros con diferentes características a los criterios de inclusión.

3.2 Diseño utilizado en el estudio

3.2.1 Diseño:

Ensayo pre-clínico in vitro

3.2.1 Tipo de investigación:

Experimental, longitudinal, prospectivo.

3.2.3 Enfoque:

Cuantitativo.

3.3 Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnica de recolección de datos

La recolección de los datos en el presente estudio se llevó a cabo por medio de la técnica de observación estructurada, no participante, individual, de laboratorio; por la cual el investigador realizó la evaluación experimental de las unidades de análisis que conformaron la muestra de estudio; dichos datos obtenidos fueron registrados en el instrumento de investigación.

3.3.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos que fue empleado en la presente investigación es una ficha de observación ad-hoc (**Ver Anexo 01**), elaborada para los fines específicos de la investigación, la cual estará conformada por ítems abiertos y cerrados acorde a los indicadores de la variables operacionalizadas. La mencionada ficha fue aplicada únicamente por el investigador, todas las mediciones fueron llevadas a cabo bajo las mismas circunstancias (físicas, emocionales y procedimentales).

3.3.3 Procedimiento de recolección de datos

La recolección de los datos se llevó a cabo de manera secuencial según la disposición de los indicadores, ello se realizó a cabo evaluando cada unidad

muestral de forma individual. Para lograr los objetivos planificados se llevaron a cabo los siguientes pasos de manera secuencial:

Al iniciarse la investigación se fabricó una maqueta de acero, con la cantidad necesaria de pines según el número de muestras que la investigación requiere (20), estas estuvieron separadas a una distancia de 30 milímetros, lo cual nos facilitó las toma de medidas posteriores, en estas serán colocadas las retroligaduras en estado pasivo, posteriormente se activaron cada una de estas hasta llegar a un fuerza de 200 gramos, esto fue medido con un gramómetro análogo marca CORREX, serie QGB8B-333-91, de procedencia sueca, este mismo gramómetro se utilizó para las subsiguientes tomas de medida; según los momentos de toma de medida descritos en la investigación (4 horas, 1 semana, 2 semanas y 3 semanas), las retroligaduras fueron retiradas de un solo pin, donde se encontraba la parte de la ligadura y se procedió a medir con el gramómetro, a la distancia que se encontraba el pin del cual fue retirado, es decir a 30 mm del pin contrario, esto se realizó con cada una de las retroligaduras de ambos tipos de manera similar y según los intervalos de tiempo, estos datos se llevaron a la ficha de recolección y posteriormente se realizó su procesamiento.

3.3.4 Capacitación y calibración

Para llevar a cabo la adecuada medición de las variables de estudio, el investigador recibió capacitación por parte de un experto en el área; el cual emitió un reporte que garantizó el proceso de evaluación, lo que permitió respaldar la calidad de los resultados.

Adicionalmente, el capacitador realizó la medición de las unidades muestrales por medio de la aplicación del instrumento, cuyos resultados obtenidos sirvieron como patrón de comparación o calibración a las mediciones del investigador.

3.3.5 Validación del instrumento

El instrumento que se empleó, al ser una ficha Ad-Hoc, requirió de validación previa a su aplicación final, la cual se estableció en base a la determinación de su viabilidad, sensibilidad al cambio, confiabilidad y validez.

La viabilidad del instrumento se estableció en base a su sencillez, ya que al constar de solo 1 cara, y de no requerir procedimientos complejos, la recolección de datos no supone esfuerzos excesivos por parte del investigador.

El instrumento poseyó sensibilidad al cambio, lo que permitió identificar adecuadamente las variaciones en las características de las muestras, para ello se llevó a cabo la prueba piloto en los momentos de tiempo adecuados, considerando al tiempo transcurrido, entre el inicio de la aplicación y las subsecuentes aplicaciones, como el factor que modifica los resultados de la recolección; para ellos se estableció la diferencia estandarizada entre dos grupos a través del tamaño del efecto, considerando el baremo D de Cohen.

La determinación de la confiabilidad del instrumento se obtuvo, por medio de investigaciones anteriores (repetitividad). La repetitividad se evaluó por medio de la prueba estadística Kappa de Cohen para variables cualitativas y

Coeficiente de correlación intraclase derivado del análisis de varianza en el caso de variables cuantitativas; la magnitud de las variaciones en la medición se estableció por medio del error de medición (Fórmula de Dahlberg) y error sistemático (T de Student para muestras pareadas).

La consistencia interna de la confiabilidad del instrumento se evaluó por medio del análisis estadístico alfa de R de Kuder Richardson para variables dicotómicas y Alfa de Cronbach para variables politómicas, en una única aplicación del instrumento.

La validez total del instrumento se estableció a cuatro niveles; a nivel lógico los reactivos del instrumento se considerarán válidos si su construcción sigue una secuencia ordenada y una comprensión gramatical adecuada; la validez de contenido se estableció mediante la evaluación por juicio de 5 expertos, que pudieron calificar las características del instrumento por medio de una ficha de validación por expertos (**Ver Anexo 02**), las puntuaciones obtenidas por la evaluación de cada uno de los jueces validadores fueron integradas en la matriz de validación por jueces (**Ver Anexo 03**), lo que permitió obtener la validez de contenido global. Por su parte cada uno de los reactivos fue validado en contenido por medio de la prueba estadística V de Aiken (**Ver Anexo 04**). Todo lo anterior en base a la matriz de consistencia interna del estudio que les fue entregada a cada juez validador (**Ver Anexo 05**); La validez criterial que se llevó a cabo fue de tipo predictiva, en la cual se correlacionaron la sumatoria de los reactivos totales de cada unidad de análisis en las dos aplicaciones piloto del instrumento, evaluado por la

prueba momento de Pearson. A nivel de constructo la validez se estableció una vez que alcanzó previamente validez lógica, de contenido y de criterio.

3.4 Procesamiento de datos

Posterior a la recolección de datos se procedió a organizar las fichas de recolección y a enumerarlas para ser ingresadas a la base de datos en Microsoft Excel en su versión de acceso, bajo las codificaciones planteadas por el investigador.

El procesado de los datos se llevó a cabo en una laptop de marca TOSHIBA, modelo Satellite C45-C, de 6 GB de memoria RAM con sistema operativo Windows 10.

La información recolectada fue analizada con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Science) en su versión de acceso; en la cual se llevó a cabo la aplicación de estadística descriptiva para establecer la distribución de los datos recolectados a través de medidas de tendencia central, dispersión, forma y posición. También se utilizó estadística inferencial para la docimasia de las hipótesis de la investigación, la cual se llevó a cabo mediante la realización de la prueba estadística que contengan dos variables cualitativas y una cuantitativa, siguiendo un diseño longitudinal, razón por la cual fue necesario aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas.

Tanto los resultados de las pruebas estadísticas descriptivas como inferenciales fueron expresadas mediante tablas y gráficos. Los resultados muestrales fueron inferidos a la población mediante estimación por intervalo a un 95% de confianza.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Después de obtenidos los resultados de la investigación, se procedió a realizar el respectivo análisis de los datos recolectados, con el asesoramiento respectivo de los asesores de la tesis, estas se mostrarán a continuación mediante tablas y gráficos.

Tabla N° 01

Distribución y frecuencia de los tipos de elastómeros.

TIPO DE ELASTÓMERO	n	%	IC 95%	P-Valor†
Separador	10	50	27.68; 72.32	1.000*
Ligadura	10	50	27.68; 72.32	
Total	20	100		

†Prueba Binomial

*Diferencia estadísticamente no significativa al 95% de confianza

En la Tabla N° 1, se observa que la distribución y frecuencia de los tipos de elastómero fueron en total de 20, 10 elastómeros separadores (50%) y 10 ligaduras elastoméricas (50%), no hubo diferencia significativa entre la cantidad de muestras.

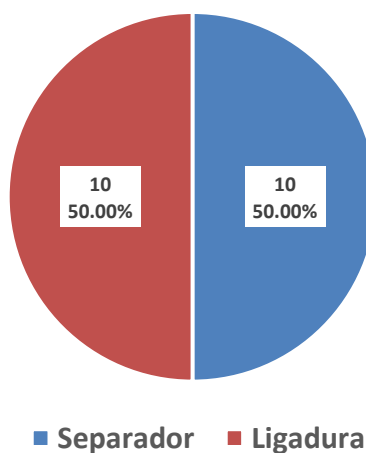


Gráfico N° 01

Distribución y frecuencia de los tipos de elastómeros.

Tabla N° 02

Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a las 4 horas de activación.

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	135.75
95% de intervalo de confianza	125.67;145.83
Media recortada al 5%	135.28
Mediana	140.00
Varianza	463.88
Desviación estándar	21.54
Mínimo	100.00
Máximo	180.00
Rango	80.00
Rango intercuartil	30.00
Asimetría	-0.05
Curtosis	-0.51

En la Tabla N° 02, se observa que las fuerzas de tracción de las muestras, a las 4 horas presentaron una media de 135.75 ± 21.54 , la diferencia entre la fuerza mínima y máxima fue de 80.00.

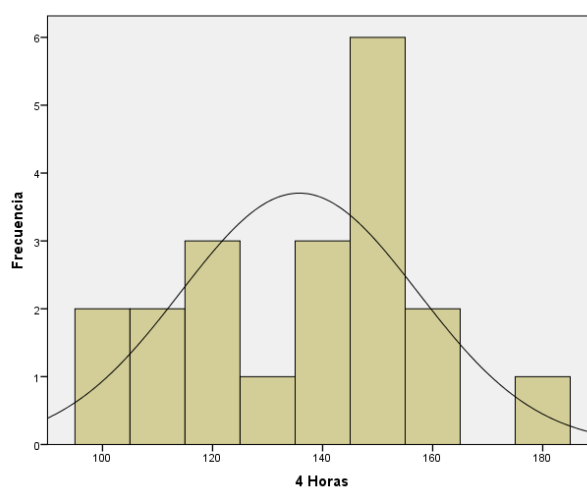


Gráfico N° 02

Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a las 4 horas de activación.

Tabla N° 03

Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 1° semana de activación.

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	106.00
95% de intervalo de confianza	98.98;113.02
Media recortada al 5%	106.11
Mediana	110
Varianza	225.26
Desviación estándar	15.01
Mínimo	70.00
Máximo	140.00
Rango	70.00
Rango intercuartil	17.50
Asimetría	-0.16
Curtosis	1.26

En la Tabla N° 03, se observa que las fuerzas de tracción de las muestras, a la 1° semana de activación presentaron una media de 106.00 ± 15.01 , la diferencia entre la fuerza mínima y máxima fue de 70.00.

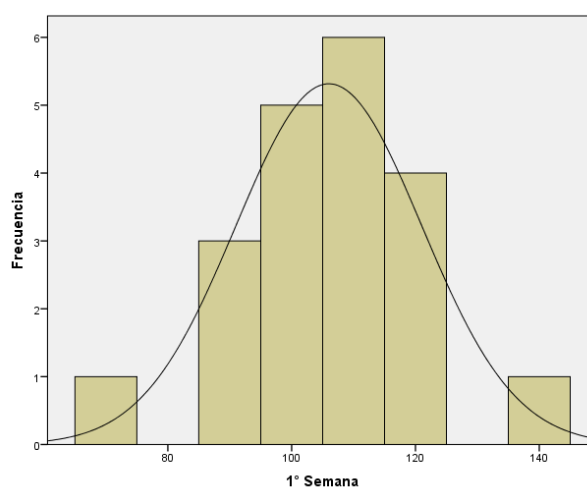


Gráfico N° 03

Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 1° semana de activación.

Tabla N° 04

Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 2° semana de activación.

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	92.25
95% de intervalo de confianza	84.38;100.12
Media recortada al 5%	92.50
Mediana	92.50
Varianza	282.83
Desviación estándar	16.82
Mínimo	60.00
Máximo	120.00
Rango	60.00
Rango intercuartil	23.75
Asimetría	-0.10
Curtosis	-0.69

En la Tabla N° 04, se observa que las fuerzas de tracción de las muestras, a la 2° semana de activación presentaron una media de 92.25 ± 16.82 , la diferencia entre la fuerza mínima y máxima fue de 60.00.

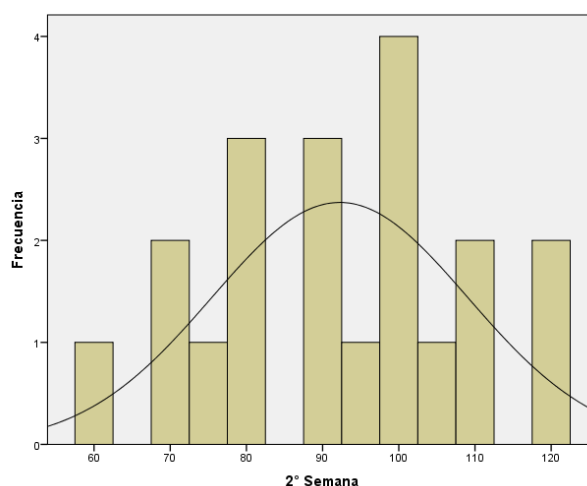


Gráfico N° 04

Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 2° semana de activación.

Tabla N° 05

Estadísticos descriptivos de las fuerzas de tracción a la 3° semana de activación.

ESTADISTICO	VALOR
Media	74.00
95% de intervalo de confianza	66.05;81.95
Media recortada al 5%	74.44
Mediana	77.50
Varianza	288.42
Desviación estándar	16.98
Mínimo	40.00
Máximo	100.00
Rango	60.00
Rango intercuartil	30.00
Asimetría	-0.32
Curtosis	-0.79

En la Tabla N° 05, se observa que las fuerzas de tracción de las muestras, a la 3° semana de activación presentaron una media de 74.00 ± 16.98 , la diferencia entre la fuerza mínima y máxima fue de 60.00.

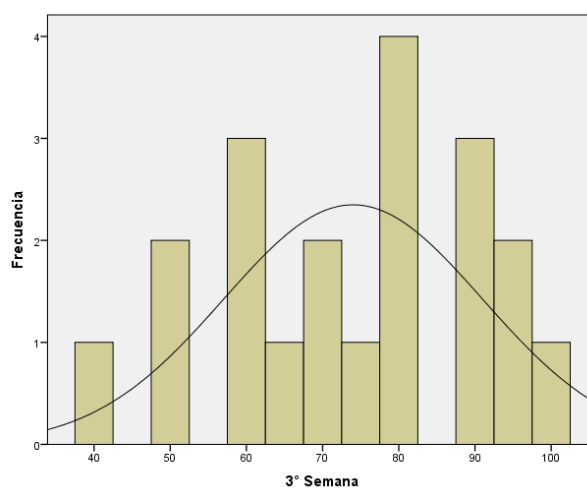


Gráfico N° 05

Gráfico de histograma de la distribución de las fuerzas de tracción a la 3° semana de activación.

4.2 Contrastación de hipótesis

En este apartado se realizó la docimasia de las hipótesis planteadas para la ejecución de la presente investigación, considerando que la hipótesis principal corresponde a:

“Existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas”.

Debido a la complejidad de las variables de medición, esta se subdividió en hipótesis específicas.

4.2.1 Contrastación de Hipótesis Específicas

Para poder entender de manera precisa el evento de estudio, se debe analizar de manera separada sus hipótesis específicas, las cuales fueron:

- El tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.
- El tipo de módulo elastomérico se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras.
- La interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras.

4.2.1.1 Contrastación de Hipótesis Específica 1

La hipótesis específica 1 corresponde a:

“El tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras”.

A fin de poder realizar la docimasia de esta hipótesis, se empleó la prueba de

Shapiro-Wilk, al tratarse de un tamaño muestral inferior a 30 unidades por cada momento, estableciendo la distribución normal de los datos, lo que sustenta la certeza del uso de una prueba paramétrica, para este caso Análisis de Varianza (ANOVA) de medidas repetidas.

Tabla N° 06

Distribución de medias de la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes tiempos de activación.

MOMENTO DE ACTIVACIÓN	FUERZA DE TRACCIÓN			P-VALOR†	P-VALOR††
	Media ±DE	Diferencia	Variación (%)		
Basal	200.00 ±0.00	-----	-----	-----	
4 Horas	135.75 ±21.54	-64.25 ±21.54	-32.13 ±10.77	<0.001*	
1° Semana	106.00 ±15.01	-29.75 ±12.51	-21.41 ±7.2	<0.001*	<0.001*
2° Semana	92.25 ±16.82	-13.75 ±7.59	-13.23 ±7.36	<0.001*	
3° Semana	74.00 ±16.98	-18.25 ±5.68	-20.37 ±7.18	<0.001*	

%; Evalúa el cambio de un momento respecto al momento anterior.

† Prueba de Comparación Post-Hoc de Bonferroni.

††Prueba ANOVA de medidas repetidas.

En la Tabla N° 06, se observa como la fuerza de tracción de los elastómeros cambió de un momento respecto al momento anterior, de 200 a 135.75 a las 4 horas, 106.00 a la 1° semana, 92.25 a la 2° semana y 74.00 a la 3° semana.

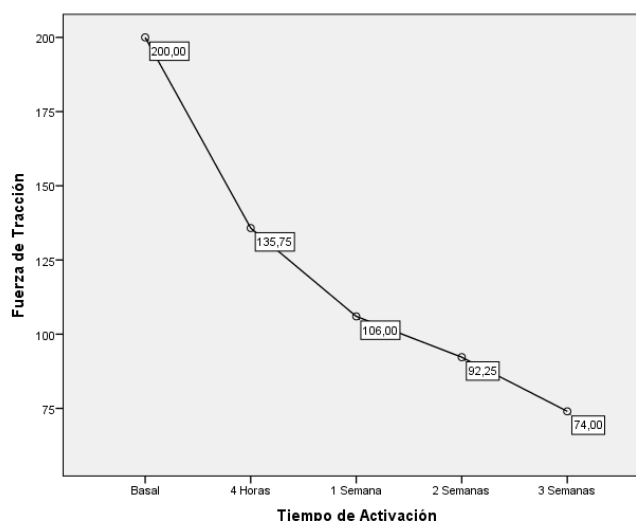


Gráfico N° 06

Gráfico de perfil representando la disminución de las fuerzas de tracción en los diversos tiempos de activación.

4.2.1.2 Contratación de Hipótesis Específica 2

La hipótesis específica 2 corresponde a:

“El tipo de módulo elastomérico se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras.”

Al tratarse de una variable cualitativa y otra cuantitativa se plantea seguir la vía de los análisis bivariados, así también se identificó que la variable de agrupación determina dos categorías, para esto se ejecutó de la prueba Kolmogorv-Smirnov, declararemos que se ha establecido la distribución no normal de los datos, lo que sustenta la certeza del uso de una prueba no paramétrica, para este caso la prueba U de Mann-Whitney.

Tabla N° 07

Distribución de medianas de la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes módulos elastoméricos.

TIPO DE MATERIAL	n	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			P-VALOR†
		Media ±DE	Mediana ±RIQ	Rango	
Separador	50	132.1 ±41.2	120 ±60	80; 200	0.004*
Ligadura	50	111.1 ±50.33	100 ±62.5	40; 200	

† Prueba U de Mann-Whitney.

* Diferencia Estadísticamente Significativa al 95% de Confianza. (P<0.05)

En la tabla N° 07, se observa que el valor de la mediana fue mayor para los elastómeros separadores (120 ±60), que para las ligaduras elastoméricas (100 ±62.5).

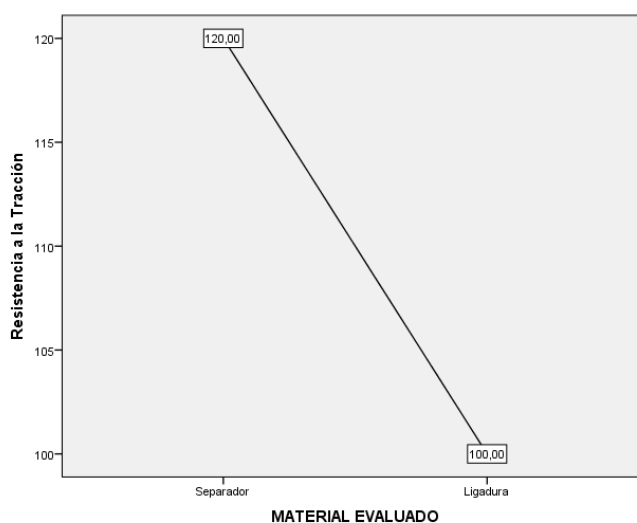


Gráfico N° 07

Gráfico de perfil representando la disminución de las fuerzas de tracción en los dos tipos de módulos elastoméricos.

4.2.1.3 Contrastación de Hipótesis Específica 3

La hipótesis específica 3 corresponde a:

“La interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras.”

Al tratarse de una variable cuantitativa que se evalúa siguiendo un diseño longitudinal en 5 momentos, se establece la necesidad de utilizar estadígrafos para más de dos muestras relacionadas, lo que sustenta la certeza del uso de una prueba paramétrica Análisis de Varianza (ANOVA) de medidas repetidas.

Tabla N° 08

Distribución de medias de las fuerzas de tracción de los diferentes módulos elastoméricos en los diferentes tiempos de activación.

MOMENTO DE ACTIVACIÓN	FUERZA DE TRACCIÓN				P-VALOR††
	Media ±DE	Diferencia	Variación (%)	P-VALOR†	
SEPARADOR					
Basal	200.00 ±0.00	-----	-----	-----	
4 Horas	151.50 ±4.62	-48.50±4.62	-24.25 ±2.31	<0.001*	
1° Semana	116.00 ±3.56	-84.00±3.56	-23.25 ±2.26	<0.001*	
2° Semana	105.00 ±3.43	-95.00 ±3.43	-9.39 ±2.02	<0.001*	
3° Semana	88.00 ±2.94	-112.00 ±2.94	-15.97 ±1.81	<0.001*	<0.001*
LIGADURA					
Basal	200.00 ±0.00	-----	-----	-----	
4 Horas	120.00 ±4.63	-80.00 ±4.63	-40.00 ±2.31	<0.001*	
1° Semana	96.00 ±3.56	-104.00 ±3.56	-19.58 ±2.26	<0.001*	
2° Semana	79.50 ±3.43	-120.50 ±3.43	-17.06 ±2.02	<0.001*	
3° Semana	60.00 ±2.94	-140.00 ±2.94	-24.77 ±1.81	<0.001*	

‰: Evalúa el cambio de un momento respecto al momento anterior.

† Prueba de Comparación Post-Hoc de Bonferroni.

††Prueba ANOVA de medidas repetidas.

En la Tabla N° 08, se observa que la distribución de las fuerzas de tracción en los diferentes momentos de tiempo (4 horas, 1° semana, 2 semana y 3° semana) disminuye en 151.50 ±4.62, 116.00 ±3.56, 105.00 ±3.43, 88.00 ±2.94, respectivamente, para el elastómero separador y 120.00 ±4.63, 96.00 ±3.56, 79.50 ±3.43, 60.00 ±2.94, respectivamente, para la ligadura elastomérica.

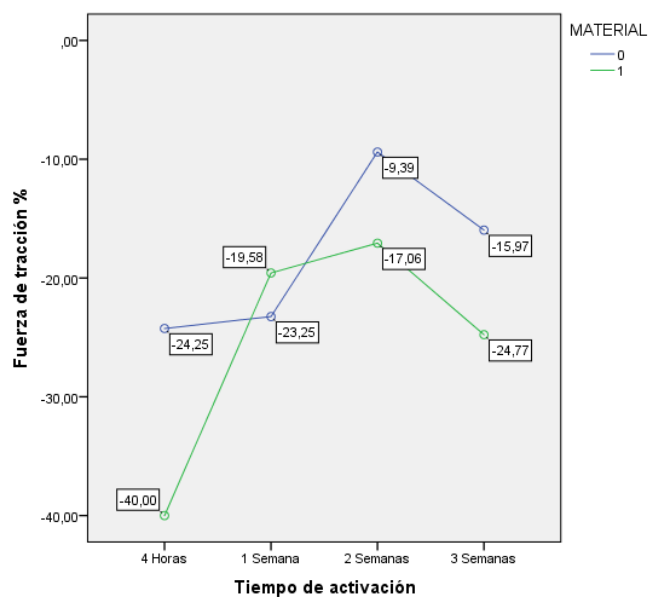


Gráfico N° 08

Gráfico de perfil representando las fuerzas de tracción de los dos tipos de módulos elastoméricos a través de los tiempos de activación.

4.3 Contrastación de la hipótesis principal

De la misma manera que con las hipótesis específicas, la hipótesis principal: “Existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas”, solo se podría considerar verdadera por inducción, al establecerse la veracidad de las hipótesis específicas que la conforman, así podemos agrupar las hipótesis específicas y sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla N° 09

Análisis de la aceptación de la Hipótesis General como Respuesta Inductiva a los Resultados Estadísticos de sus Hipótesis Especificas

Hipótesis Especificas	Resultado Estadístico
<ul style="list-style-type: none"> <i>El tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.</i> 	SE ACEPTA
<ul style="list-style-type: none"> <i>El tipo de módulo se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras.</i> 	SE ACEPTA
<ul style="list-style-type: none"> <i>La interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras.</i> 	SE ACEPTA
Hipótesis General	RESULTADO INDUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"> <i>Existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.</i> 	SE ACEPTA

4.4 Discusión de resultados

En el presente estudio se propuso determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas, obteniendo como resultado que existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas. Ya que este resultado fue obtenido por inducción, discutiremos cada uno de los resultados; con respecto a la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes tiempos de activación, en los resultados se aprecia que, la degradación de las fuerzas de tracción de las retroligaduras, estarán influenciadas significativamente por el tiempo, la fuerza de tracción de los elastómeros cambió de un momento respecto al momento anterior, de 200.00 ± 0.00 basal a 135.75 ± 21.54 a las 4 horas, a 106.00 ± 15.01 a la 1° semana, a 92.25 ± 16.82 a la 2° semana y 74.00 ± 16.98 a la 3° semana. Como notamos estos resultados valoran la degradación que sufren los dos tipos de retroligaduras desde el inicio de su activación., observándose en los resultados que en conjunto las retroligaduras tienen una degradación de su fuerza altamente significativa; por lo que se tendría que estudiar la utilización de una retroligadura compuesta con otro material, que pueda mantener por mayor tiempo sus fuerzas traccionales, logrando así, mejorar la realización de los movimientos dentarios, durante la permanencia de este dispositivo en boca del paciente.

Con respecto a la magnitud de la degradación de las fuerzas de tracción en los diferentes módulos elastoméricos, en los resultados observamos que, el

tipo de módulo elastomérico empleado en la confección de la retroligadura, será significativamente responsable de la degradación de las fuerzas de tracción de las retroligaduras, obteniendo en los resultados una mediana conservación de fuerzas de tracción de 120.00 ± 60.00 para el elastómero separador y 100.00 ± 62.50 para la ligadura elastomérica. Como vemos estos resultados evalúan la degradación que sufren los dos tipos de módulos elastoméricos en los tiempos de activación; observándose que ambos elastómeros, separadores y de ligado, tienen una degradación significativa, sin embargo, apreciamos que los elastómeros separadores conservan mayores fuerzas significativamente mayores a las ligaduras elastoméricas, por lo que se debería de emplear estos elastómeros con mayor continuidad en la confección de las retroligaduras, para así, poder mantener a la retroligadura con fuerzas más ideales durante la tracción de las piezas dentarias.

En cuanto a las fuerzas de tracción de los diferentes módulos elastoméricos en los diferentes tiempos de activación, en los resultados se observa que, la degradación de las fuerzas de tracción de las retroligaduras, varían considerablemente con los diferentes tipos de módulos elastoméricos y en los diferentes tiempos de activación, los resultados mostraron para el elastómero separador un disminución de fuerzas desde la basal a las 4 horas, a la 1° semana, a la 2° semana y 3° semana los siguientes valores, 151.50 ± 4.62 , 116.00 ± 3.56 , 105.00 ± 3.43 y 88.00 ± 2.94 respectivamente y para la ligadura elastomérica, 120.00 ± 4.63 , 96.00 ± 3.56 , 79.50 ± 3.43 y 60.00 ± 2.94 , respectivamente. Como se observa, estos resultados valoran la

degradación de las fuerzas de tracción de las retroligaduras compuestas con ambos tipos de módulos elastoméricos y en los diferentes intervalos de tiempo; obteniendo resultados que demuestran que la interacción de tipos de módulos elastoméricos y el tiempo de activación, varía de acuerdo a uno de estos, teniendo una alta significancia, por lo que se debería de escoger adecuadamente los módulos elastoméricos y a la vez se deberá de tener en cuenta el tiempo que la retroligadura deberá permanecer activada en boca, esperando así obtener fuerzas con rangos más adecuados, el tiempo esperado, mejorando nuestros tratamientos.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación con respecto a otras investigaciones mostraron que, la gran caída de la magnitud de la fuerza de tracción fue durante el periodo de 0 a 4 horas, que fue de un promedio del 32.13% para ambas retroligaduras; esto coincide con los resultados obtenidos por Moresca y Vigorito⁽²⁸⁾, en cuyo estudio mencionan que la pérdida dentro de las primeras horas fue entre 30 y 40%; siguiendo con los resultados de nuestro estudio, las fuerzas de tracción de las retroligaduras elásticas después de la primera semana disminuyeron en un 21.41%, a las dos semanas 13.23% y a la tercera semana 20.37%, esto es comparable con los estudios de Mohammadi y Mahmoudi⁽³¹⁾, cuyo objetivo fue evaluar la fuerza inicial y la degradación de la fuerza de ligaduras elastoméricas y separadores elastoméricos disponibles comercialmente, en tie-backs activos en un ambiente similar al oral, se estudiaron 288 productos elastoméricos, incluyendo 48 ligaduras elastoméricas claras y 48 separadores elastoméricos de color azul, de tres marcas diferentes. Se midió su fuerza

inicial y los resultados se compararon con las fuerzas adecuadas para el movimiento de los dientes (150 a 200 g). Se evaluaron las muestras desde la basal, luego se midió después de 24 horas y 1, 2, 3 y 4 semanas. Todas las muestras se mantuvieron en recipientes de acero en saliva artificial a 37 °C. En el estado de tieback activo, 11-18 % de la fuerza inicial de las muestras se perdió en los primeros 3 minutos y 29 a 63 % de la degradación de la fuerza ocurrió en las primeras 24 horas; luego, la velocidad de disminución de fuerza disminuye, perdiendo un total de fuerza entre 62-81 % de inicial se perdió en 4 semanas. Aunque el patrón de degradación de la fuerza era idéntico en todos los productos, la fuerza y la degradación inicial de productos elastoméricos de una sola casa dental fueron menores que los productos similares de otras compañías. En las mismas condiciones, la fuerza de separadores elastoméricos fue mayor que ligaduras elastoméricas de la misma empresa; estos datos son muy similares a los obtenidos por la presente investigación donde encontramos una media de 132.1 para el elastómero separador y 111.1 para la ligadura elastomérica.

Esto sugiere que debemos de tener en cuenta la elección del tipo de elastómero a emplear en el tratamiento ortodóntico, conclusión a la cual llego un el estudio realizado Kamisetty y col ⁽⁵²⁾, en la cual se mostraron lo siguiente; durante experimentaron con elásticos en un período de 48 horas y hallaron una disminución en las cargas generadas por todos estos. La cantidad de fuerza que se retuvo al final de un día y dos días no fue significativamente diferente para los dos elásticos, látex y no látex. Sin embargo, los elásticos de látex retuvieron cargas más grandes que los

elásticos de no látex, los elásticos Forestadent retuvieron la carga más grande que los de GAC y Glenroe. Concluyendo el estudio que la elección clínica de los elásticos se debe basar en el historial médico del paciente y las propiedades mecánicas específicas del tipo de elástico.

Los resultados de nuestro estudio son muy similares y comparables con otros estudios, en la práctica clínica real, las retroligaduras son expuestas a números factores intraorales, por lo tanto no se pueden tomar decisiones clínicas basadas en estudios in vitro. Sin embargo este tipo de estudio servirá para que el profesional que desee emplear estos dispositivos, tenga un mayor conocimiento del comportamiento mecánico de los retroligaduras elásticas, lo que le permitirá una mejor confección, manejo y una mejor aplicación. Creemos que debido a la variabilidad de degradación en los diferentes rangos de tiempo, según los resultados de nuestro estudio, es aconsejable que los profesionales empiecen a variar el ritmo de los controles ortodónticos, además de poner a prueba el elastómero que emplea en la confección de las retroligaduras, para así poder asegurarse que el elastómero adquirido en para la consulta asegure que los niveles de fuerza producidos por estos se acercaran a los ideales. Teniendo en cuenta que los elastómeros separadores son los que producen mejores fuerzas. Futuras investigaciones podrían comparar estas con otros tipos de elastómeros como las cadenas elastoméricas o incluso comparar elastómeros separadores de diversas casas comerciales, así contribuir a nuestra profesión.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusión general

Con respecto a determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas, se concluye que existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.

5.1.2 Conclusiones específicas

- En cuanto a establecer la influencia del tiempo de activación, en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras, se concluye que, el tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.

- Considerando identificar la relación del tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras, se concluye que, el tipo de módulo se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.
- Con referencia a establecer la existencia de interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras, se concluye que, la interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Recomendación general

Tomando en cuenta determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas, se recomienda tomar en cuenta los resultados, para evaluar los materiales con los que se confecciona la retroligadura elástica y el tiempo que estarán activadas, se lograría con ello, mejores tracciones ortodónticas de piezas dentarias y en menor tiempo.

5.2.2 Recomendaciones específicas

- En relación a establecer la influencia del tiempo de activación, en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras, se recomienda tomar en cuenta los resultados, para coordinar el tiempo que las retroligaduras permanecerán activadas en boca, se lograría movimientos ortodónticos continuos.
- Con respecto a identificar la relación del tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras, se recomienda tomar en cuenta los resultados, para elegir el elástomero con el cual se confeccionará nuestra retroligadura, se lograría optimizar las fuerzas de tracción.
- Con referencia a establecer la existencia de interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras, se recomienda tomar en cuenta los resultados, para modificar los materiales con los cuales se confeccionan las retroligaduras así como tomar en cuenta el tiempo de cita de los pacientes, se lograría un mejor manejo del dispositivo, con resultados mas efectivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Janson G, Torres F, Bombonatti R. Frequency evaluation of different extraction protocols in orthodontic treatment during 35 years. *Prog Orthod.* 2014;15(1):51.
2. Dardengo C, Fernandes L, Capelli J. Frequency of orthodontic extraction. *Dent Press J Orthod.* 2016;21(1):54–9.
3. Meikle MC. The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 Years after Carl Sandstedt. *Eur J Orthod.* 2006;28(3):221–40.
4. Nightingale C, Jones SP. A clinical investigation of force delivery systems for orthodontic space closure. *J Orthod.* 2003;30(3):229–36.
5. McLaughlin R, Bennett J. The transition from standard edgewise to preadjusted appliance systems. *J Clin Orthod.* 1989;23:142–53.
6. Wong AK. Orthodontic elastic materials. Vol. 46, *Angle Orthodontist.* 1976. p. 196–205.
7. Irvine R, Power S, McDonald F. The effectiveness of laceback ligatures: a randomized controlled clinical trial. *J Orthod.* 2004;31(4):303–11.
8. Kuhlberg A, Priebe D. Testing force systems and biomechanics - Measured tooth movements from differential moment closing loops. *Angle Orthod.* 2003;73(3):270–80.
9. Kozel J, Macedo C, Atallah Á. Laceback ligatures for controlling anchorage in patients undergoing fixed orthodontic treatment. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;(8):1–9.

10. Shroff B, Yoon W, Lindauer S, Burstone C. Simultaneous intrusion and retraction using a three-piece base arch. *Angle Orthod.* 1997;67(6):455–62.
11. Keeling S, King G, McCoy E, Valdez M. Serum and alveolar bone phosphatase changes reflect bone turnover during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;103(4):320–6.
12. Hixon E, Aasen T, Arango J, Clark R, Klosterman R, Miller S, et al. On force and tooth movement. *Am J Orthod.* 1970;57(5):476–89.
13. Pilon J, Kuijpers-Jagtman M, Maltha J. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1996;110(1):16–23.
14. Uribe G. *Ortodoncia Teoría y Clínica.* 2° Ed. Medellín: CIB Fondo Editorial; 2010.
15. Fidalgo T, Pithon M, Maciel J, Bolognese A. Friction between different wire bracket combinations in artificial saliva: an in vitro evaluation. *J Appl Oral Sci.* 2011;19(1):57–62.
16. Hain M, Dhopatkar A, Rock P. A comparison of different ligation methods on friction. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;130(5):666–70.
17. Taylor NG, Ison K. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments. *Angle Orthod.* 1996;66(3):215–22.
18. Kuhlberg A, Priebe D. Space closure and anchorage control. *Semin Orthod.* 2001;7(1):42–9.
19. Kim T, Suh J, Kim N, Lee M. Optimum conditions for parallel translation

- of maxillary anterior teeth under retraction force determined with the finite element method. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. American Association of Orthodontists; 2010;137(5):639–47.
20. Koenig H, Burtone C. Force systems from an ideal arch - large deflection considerations. *Angle Orthod*. 1989;50(1):11–6.
 21. Proffit W. *Ortodoncia: Teoria y Practica*. 2° Ed. Madrid: Mosby-Doyma libros S.A.; 1994.
 22. Andreasen G, Bishara S. Comparison of alastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. *Angle Orthodontist*. 1970. p. 151–8.
 23. Ash J, Nikolai R. Relaxation of Orthodontic Elastomeric Chains and Modules In Vitro and In Vivo. *J Dent Res*. 1978;57(5):685–90.
 24. Dixon V, Read MJF, O'Brien KD, Worthington H V., Mandall NA. A randomized clinical trial to compare three methods of orthodontic space closure. *J Orthod*. 2002;29(1):31–6.
 25. Daskalogiannakis J, McLachlan KR. Canine retraction with rare earth magnets: an investigation into the validity of the constant force hypothesis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996;109(5):489–95.
 26. Runci M, Plaza S, Amaya S. Guía terapéutica para el manejo de la filosofía mbt. *Rev Odonto*. 2007;30(Abril-Mayo-junio):39–43.
 27. Sueri MY, Turk T. Effectiveness of laceback ligatures on maxillary canine retraction. *Angle Orthod*. 2006;76(6):1010–4.
 28. Moresca R, Vigorito J. A Valiacao in vitro da forza produzida por módulos elásticos utilizados no fechamento de espacios com a mecánica por deslizamento. *Soc Paul Ortod*. 2005;38(1):49–59.

29. Moresca R, Vigorito J, Dominguez G, Tortamano A, Moraes D, Moro A, et al. Effects of active and passive lacebacks on antero-posterior position of maxillary first molars and central incisors. *Braz Dent J*. 2012;23(4):433–7.
30. McLaughlin R, Bennett J, Trevisi H. *Mecánica Sistemizada del Tratamiento Ortodóncico*. 1° Ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2002.
31. Mohammadi A, Mahmoudi F. Evaluation of Force Degradation Pattern of Elastomeric Ligatures and Elastomeric Separators in Active Tieback State. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2015;9(4):254–60.
32. Mirhashemi AH, Saffarshahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force-Degradation Pattern of Six Different Orthodontic Elastomeric Chains. 2012;9(4):204–15.
33. Da Costa A, De Sousa M, Gandini L, Santos-Pinto L, Hebling J. Tooth separation: A risk-free procedure? *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012;142(3):402–5.
34. Mendes D, Nascimento J, De Lucca A, De Alencar M, Da Silva L, Sato K. Evaluation of plasticity and radiopacity of elastic separators by means of traction tests and radiography. *Dental Press J Orthod*. 2012;17(6):1–10.
35. Medical Subject Headings [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US). 2002 [cited 2016 May 30]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>
36. Kanchana P, Godfrey K. Calibration of force extension and force degradation characteristics of orthodontic latex elastics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2000;118(3):280–7.

37. De Cara F, Da Silva E. Estudo da degradação da força gerada por elásticos ortodônticos sintéticos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2006;11(6):52–61.
38. Gioka C, Zinelis S, Eliades T, Eliades G. Orthodontic latex elastics: A force relaxation study. *Angle Orthod*. 2006;76(3):475–9.
39. Weissheimer A, Locks A, de Menezes LM, Borgatto AF, Derech CD. In vitro evaluation of force degradation of elastomeric chains used in orthodontics. *Dental Press J Orthod*. 2013;18(1):55–62.
40. Russell K, Milne A, Khanna R, Lee J. In vitro assessment of the mechanical properties of latex and non-latex orthodontic elastics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001;120(1):36–44.
41. Hoffman W. A study of four types of orthodontic separator. *Am J Orthod*. 1914;62(1):67–72.
42. Thimmaiah U, Marattukalam K, Vikram S, Chetan G, Madhusudhan S, Shashwath M, et al. Evaluation of the safety and efficacy of two elastomeric separators in orthodontics - A comparative study. *Int J Adv Res*. 2016;4(3):666–72.
43. Evangelista M, Berzins D, Monaghan P. Effect of disinfecting solutions on the mechanical properties of orthodontic elastomeric ligatures. *Angle Orthod*. 2007;77(4):681–7.
44. Taloumis L, Smith T, Hondrum S, Meade F. Force decay and Deformation of Orthodontic Elastomeric Ligatures. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1997;111(1):1–11.
45. Forsberg CM, Brattström V, Malmberg E, Nord CE. Ligature wires and elastomeric rings: Two methods of ligation, and their association with

- microbial colonization of streptococcus mutans and lactobacilli. Eur J Orthod. 1991;13(5):416–20.
46. Young J, Sandrik J. The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. Angle Orthod. 1979;49:104–8.
 47. Ferriter JP, Meyers CE, Lorton L. The effect of hydrogen ion concentration on the force-degradation rate of orthodontic polyurethane chain elastics. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1990;98(5):404–10.
 48. Bishara S, Andreasen G. A Comparison of Time Related Forces Between Plastic Alastiks and Latex Elastic. Angle Orthod. 1970;40:319–28.
 49. Wang T, Zhou G, Tan X, Dong Y. Evaluation of force degradation characteristics of orthodontic latex elastics in vitro and in vivo. Angle Orthod. 2007;77(4):688–93.
 50. Liu C, Wataha J, Craig R. The effect of repeated stretching on the force decay and compliance of vulcanized cis-polyisoprene orthodontic elastics. Dent Mater. 1993;9(1):37–40.
 51. Mitra R, Londhe SM, Kumar P. A comparative evaluation of rate of space closure after extraction using E-chain and stretched modules in bimaxillary dentoalveolar protrusion cases. Med J Armed Forces India. 2011;67(2):152–6.
 52. Kamisetty SK, Nimagadda C, Begam MP, Nalamotu R. Elasticity in Elastics-An in-vitro study. J Int Oral Heal. 2014;6(January):96–105.
 53. Patel P, Shanthraj R, Bhagyalakshmi A, Garg N, Vallakati A. Comparative evaluation of pentraxin 3 levels in GCF during canine retraction with active tieback and NiTi coil spring: An in vivo study. J

Orthod Sci. 2016;5(2):52–6.

54. Stevenson JS, Kusy RP. Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. *Angle Orthod.* 1994;64(6):455–64.
55. Pacheco M, Jansen W, Oliveira D. The role of friction in orthodontics. *Dental Press J Orthod.* 2012;17(2):170–7.

ANEXOS

ANEXO 01. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD
ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

Nº:

FICHA DE OBSERVACIÓN AD-HOC DE RECOLECCIÓN DE DATOS

“RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA DURANTE LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS ELÁSTICAS - ESTUDIO IN VITRO”

INSTRUCCIONES

Antes de iniciar con la observación, procure encontrarse en un estado de equilibrio emocional y somático.
Si se siente cansado, estresado o enfermo, suspenda la observación.
Procure realizar todas las mediciones bajo las mismas condiciones de comodidad.
En el caso de no tener certeza sobre la medición de alguna unidad de análisis, descarte su evaluación.
Registre los datos sin borrones ni enmendaduras.
Los espacios en los que no pueda registrar información, táchelos con una línea.

a) DATOS GENERALES.-

FECHA DE LA EVALUACIÓN:

b) DATOS ESPECÍFICOS.-

TIPO DE ELASTÓMERO:

Ligadura

Separador

MOMENTO	BASAL	4 HORAS	1° SEMANA	2° SEMANA	3° SEMANA
MAGNITUD					

ANEXO 02. FICHA DE VALIDACIÓN



UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD
ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

Nº:

HOJA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

FICHA DE OBSERVACIÓN AD-HOC DE RECOLECCIÓN DE DATOS
 “RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA DURANTE
 LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS ELÁSTICAS - ESTUDIO IN
 VITRO”

Después de revisado el instrumento, es valiosa su opinión acerca de lo siguiente:

	MENOS DE
	50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100
1. ¿En qué porcentaje estima que con este instrumento se lograrán los objetivos propuesto?.....	() () () () () ()
2. ¿En qué porcentaje considera que los ítems están referidos a los conceptos del tema?.....	() () () () () ()
3. ¿Qué porcentaje de los ítems planteados cree que son suficientes para lograr los objetivos?	() () () () () ()
4. ¿En qué porcentaje estima que los ítems del instrumento son de ejecución viable?.....	() () () () () ()
5. ¿Qué porcentaje de los ítems considera usted que siguen una secuencia lógica?.....	() () () () () ()
6. ¿En qué porcentaje valora usted que con este instrumento se obtendrían datos similares si se aplicara en otras muestras?.....	() () () () () ()

SUGERENCIAS

1. ¿Qué preguntas considera usted que deberían agregarse?

.....

2. ¿Qué preguntas estima que deberían eliminarse?

.....

3. ¿Qué preguntas considera que deberán reformularse o precisarse mejor?

.....

Fecha:

Validado por:

Firma:

ANEXO 03. MATRIZ DE VALIDACIÓN



UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

Matriz de Validación de Contenido por Juicio de Expertos de la Ficha de Observación Ad-Hoc para la Recolección de Datos

“RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA DURANTE
LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS ELÁSTICAS - ESTUDIO IN
VITRO”

JUEZ VALIDADOR	Efectividad	Pertinencia	Suficiencia	Viabilidad	Secuencialidad	Repetitividad	
Dr. Gimer Solis Sánchez	100	100	100	100	100	100	100
Dr. Armando Fernández R.	100	100	100	100	100	100	100
Dr. Arturo Palomino V.	100	100	100	100	100	100	100
Dr. Rolando Alarcón O.	100	100	90	100	100	90	96.7
Dr. Fredy Mas Gaslac	100	100	100	100	100	100	100
	100	100	98	100	100	98	99.3

*Instrumento Válido (>70%)

ANEXO 04. ANÁLISIS DE EXPERTOS POR V DE AIKEN



UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

**UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD
ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA
MAXILAR**

**Evaluación de la Validez de Contenido de la ficha de Observación Ad-
Hoc para la Recolección de Datos por Prueba V de Aiken**
“RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACIÓN DE FUERZA
DURANTE LA TRACCIÓN ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE
RETROLIGADURAS ELÁSTICAS - ESTUDIO IN VITRO”

REACTIVO	Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Puntaje	V
1	2	2	2	2	2	10	1.0*
2	2	2	2	2	2	10	1.0*
3	2	2	2	2	2	10	1.0*
							1.0**

0=Reactivo que debe ser eliminado.

1=Reactivo que debe ser modificado.

2=Reactivo que no necesita modificación.

***Reactivo Válido ($V \geq 0.80$)**

****Instrumento Válido ($V \geq 0.80$)**

ANEXO 05. MATRÍZ DE CONSISTENCIA INTERNA



**UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA – UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD
ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR
CD.FRANCIS KELVIN RAMOS LARA
MATRIZ DE CONSISTENCIA INTERNA**

TÍTULO	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	CLASIFICACIÓN DE VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO	INSTRUMENTO
"RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO Y DEGRADACION DE FUERZA DURANTE LA TRACCION ORTODONTICA CON DOS TIPOS DE RETROLIGADURAS ELASTICAS- ESTUDIO IN VITRO"	<p>Problema General: ¿cuál es la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas?</p>	<p>Objetivo General: Determinar la relación entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.</p>	<p>Hipótesis Principal: Existe una relación significativa entre el tiempo y la degradación de la fuerza de tracción ortodóntica con dos tipos de retroligaduras elásticas.</p>	<p>Variable Independiente: a) Tiempo de activación.</p>	<p>➤ Cronológica: • Tiempo transcurrido desde el inicio.</p>	<p>PROPÓSITO: Aplicado.</p> <p>ENFOQUE: Cuantitativo.</p> <p>SECUENCIA TEMPORAL: Longitudinal.</p> <p>TEMPORALIDAD: Prospectivo.</p> <p>ASIGNACIÓN DE FACTORES: Experimental.</p> <p>FINALIDAD: Analítico.</p> <p>DISEÑO ESPECÍFICO: Ensayo preclínico In vitro.</p> <p>NIVEL: Aplicado.</p>	<p>POBLACIÓN Está constituida por un número infinito de dispositivos de retroligaduras.</p> <p>MUESTRA: 20 dispositivos de retroligaduras.</p> <p>MUESTREO: No probabilístico. Consecutivo.</p>	<p>La técnica a ser empleada en esta investigación será la experimentación estructurada, no participante, individual, de laboratorio; el instrumento a ser empleado será una Ficha de Observación Ad-hoc, elaborada por el investigador y debidamente validado, para los fines específicos del estudio.</p>
	<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo influye el tiempo de activación, en la disminución de la fuerza de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras? • ¿Cómo se relaciona el tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras? • ¿Existe interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de las fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras? 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la influencia del tiempo de activación, en la disminución de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras. • Identificar la relación del tipo de módulo elastomérico en la disminución de la fuerza de tracción ortodóntica de las retroligaduras. • Establecer la existencia de interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos elastoméricos, en la disminución de la magnitud de fuerzas de tracción ortodóntica de las retroligaduras. 	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de activación influye significativamente en la disminución de la de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras. • El tipo de módulo se relaciona directamente en la disminución de la fuerza de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras. • La interacción entre el tiempo de activación y el tipo de módulos, afectan significativamente en la disminución de las fuerzas de tracción de los elastómeros empleados en las retroligaduras. 	<p>Variable Dependiente: a) Resistencia a la tracción.</p>	<p>➤ Físico: • Fuerza necesaria para producir el estiramiento.</p>			

ANEXO 06. REGISTRO FOTOGRÁFICO



ANEXO 07. MEDICIONES DEL INVESTIGADOR

MATERIAL	Elastómero	Basal	4 Horas	1° Semana	2° Semana	3° Semana
SEPARADOR	1	200	150	100	95	80
SEPARADOR	2	200	135	110	100	95
SEPARADOR	3	200	150	120	110	90
SEPARADOR	4	200	160	110	90	80
SEPARADOR	5	200	150	120	110	95
SEPARADOR	6	200	180	140	120	100
SEPARADOR	7	200	140	110	100	80
SEPARADOR	8	200	160	110	100	80
SEPARADOR	9	200	145	120	105	90
SEPARADOR	10	200	145	120	120	90
LIGADURA	11	200	120	90	70	60
LIGADURA	12	200	110	90	80	65
LIGADURA	13	200	120	100	80	60
LIGADURA	14	200	150	100	90	70
LIGADURA	15	200	100	90	75	50
LIGADURA	16	200	110	100	90	70
LIGADURA	17	200	130	110	100	75
LIGADURA	18	200	140	110	80	60
LIGADURA	19	200	100	70	60	40
LIGADURA	20	200	120	100	70	50