



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ACETATOS
PARA RETENEDORES ORTODÓNTICOS DE DOS MARCAS, ESSIX Y
VALDI: ESTUDIO *IN VITRO*”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

L.O. Diana Bárbara Páramo Pérez

Dirigido por:

D en C. Elisa Rebeca Ascencio Rentería

Querétaro, Qro., a marzo 2026

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina
Especialidad en Ortodoncia

“Evaluación de la resistencia a la flexión de acetatos para retenedores
ortodónticos de dos marcas, Essix y Valdi: Estudio *in Vitro*”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Ortodoncia

Presenta:

L.O. Diana Bárbara Páramo Pérez

Dirigido por:

D en C. Elisa Rebeca Ascencio Rentería

D en C. Elisa Rebeca Ascencio Rentería
Presidente

L.O.E.O. Julio César Rodríguez Guevara
Secretario

C.D.E.O. Ma. De Lourdes Arvizu Valencia
Vocal

C.D.E.O. Claudia Álvarez García
Suplente

C.D.E.O. Verónica Reyes Reséndiz
Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. Marzo 2026
México

Resumen

Introducción: La resistencia a la flexión es definida como el esfuerzo máximo de flexión que un material puede resistir antes de fallar. La prueba de resistencia a la flexión a 3 puntos se realiza colocando la muestra sobre dos soportes y aplicando una carga en el centro de la muestra mediante un punto de carga en la máquina universal de pruebas, midiendo con ello la deflexión máxima con respecto a la carga máxima aplicada. **Objetivo:** Determinar qué marca de acetato presenta mayor resistencia a la flexión, la Essix o la Valdi. **Material y métodos:** El diseño del presente estudio fue experimental *In vitro*. Se realizó la elaboración de 174 especímenes de acetato en forma rectangular de 40 mm de largo x 10 mm de ancho, los cuales se dividieron en dos grupos. **Resultados:** Los resultados obtenidos se recabaron en una hoja de Excel, posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico en el programa GraphPad y se realizó la interpretación de los mismos. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de Essix y Valdi, pero no con el grupo control. **Conclusiones:** Se concluye que hay un menor módulo de flexión y una mayor resistencia a la fuerza aplicada con respecto a una deflexión estandarizada en el grupo Essix comparado con el grupo Valdi.

Palabras clave: Resistencia a la flexión, acetato, retenedores ortodóncicos.

Summary

Introduction: Flexural strength is defined as the maximum bending stress that a material can withstand before failure. The 3-point bending strength test is performed by placing the specimen on two supports and applying a load to the center of the specimen by means of a point load on the universal testing machine, there by measuring the maximum deflection with respect to the maximum load applied.

Objective: To determine which brand of acetate has greater flexural strength, Essix or Valdi. **Material and methods:** The design of the present study was *In vitro* experimental. A total of 174 acetate specimens of 40 mm long x 10 mm wide rectangular shape were made and divided into two groups. **Results:** The results obtained were compiled in an Excel sheet and later the statistical analysis was carried out in the GraphPad program and their interpretation was performed. A statistically significant difference was found between the Essix and Valdi groups, but not with the control group. **Conclusions:** It is concluded that there is a lower flexural modulus but higher resistance to the applied force with respect to a standardized deflection in the Essix group compared to the Valdi group.

Keywords: Flexural strength, acetate, orthodontic retainer.

Dedicatorias

Dedico esta investigación a las personas más importantes para mí, los pilares de mi vida, mis padres Carolina y Jesús, les agradezco por su apoyo incondicional, por dejarme seguir mis sueños y darme las herramientas para lograr cumplir mis objetivos, gracias por su entrega, amor y paciencia durante todos estos años, sin ustedes no lo hubiera logrado, son mi ejemplo a seguir y siempre estaré profundamente agradecida con ustedes.

A mis hermanos Marcos, Ulises y Edgar, por siempre confiar en mí y en mis capacidades, por ser mis pacientes y recomendarme con sus amigos, gracias por siempre estar en los momentos más importantes de mi vida, los quiero mucho.

A mi esposo Luis Gonzalo por impulsarme a cumplir mis sueños, por ayudarme en todo momento, tu guía, tus consejos y tu compañía fueron un regalo invaluable, ¡lo estamos logrando mi amor!

A mi abuelita Trinidad por darme ánimos en los momentos más difíciles, ahora es el angelito que me cuida en el cielo, gracias por darme la fuerza que necesitaba abuelita, siempre estarás presente, te quiero mucho y te extraño.

A mis amigos y docentes, pues formaron parte de esta etapa en mi vida, siempre los recordaré por brindarme su apoyo y transmitirme su experiencia y conocimientos, muchas gracias por todo.

Agradecimientos

Agradezco a la UAQ por ser mi alma máter desde hace 8 años, gracias por el aprendizaje brindado y por abrirme las puertas para estudiar la carrera y especialidad que siempre quise.

A mis profesores por transmitir su conocimiento de todas las formas posibles para que sus alumnos logremos adquirirlo, por darnos consejos y tips para hacer más llevadera la especialidad, por su comprensión y paciencia durante estos 2 años.

Muchas gracias también al Dr. Rubén por estar siempre pendiente y lograr que terminemos el trabajo de tesis lo antes posible, sin su apoyo y dedicación no lo hubiera logrado.

Gracias a Dios, mis padres y familia por siempre creer en mí, los amo mucho.

ÍNDICE

CONTENIDO	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
I. Introducción	1
II. Antecedentes	4
III. Fundamentación teórica	6
IV. Hipótesis	15
V. Objetivos	16
V 1. General	
V 2. Específicos	
VI. Materiales y Métodos	17
VI.1 Tipo de investigación	17
VI.2 Población o unidad de análisis	17
VI.3 Muestra y tipo de muestra	17-19
VI.4 Técnicas e instrumentos	20
VI. 5 Procedimientos	20-26
VII. Resultados	27
VIII. Discusión	28-30
IX. Conclusiones	31
X. Propuestas	

XI. Bibliografía	32-36
XII. Anexos	37-38

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación de los valores de resistencia a la flexión (GPa) de acetatos para retenedores ortodónticos de dos marcas Essix y Valdi.	27

I. Introducción

La Ortodoncia es la especialidad en odontología encargada del estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de anomalías de forma, posición y función de estructuras dentomaxilares. Dentro de ésta área, los retenedores juegan un papel fundamental, ya que son dispositivos diseñados para mantener la posición de los dientes una vez finalizado el tratamiento ortodóntico. Su objetivo principal es prevenir la recidiva dental, permitiendo que los tejidos circundantes tanto óseos como periodontales se estabilicen en la nueva posición lograda (Proffit et al., 2013).

Un tratamiento de Ortodoncia consta de cuatro fases:

1. Alineación y Nivelación
2. Fase de trabajo
3. Finalización
4. Retención

La fase de retención, que idealmente debe de mantenerse de por vida, requiere del compromiso del paciente, tanto en el uso como en el mantenimiento de los retenedores, así como las revisiones periódicas con el ortodoncista. (Littlewood et al., 2021). Los controles periódicos permiten detectar desgastes o deformaciones tempranas en el retenedor, y realizar los ajustes necesarios (Proffit et al., 2013). La motivación y educación de los pacientes pueden ayudar a mejorar el cumplimiento de los regímenes de retención prescritos por el ortodoncista (Valiji Bharmal et al., 2020).

El éxito de un tratamiento ortodóntico a largo plazo se encuentra directamente relacionado con la fase de retención, ya que los dientes tienden a regresar posición original si no se estabilizan con un retenedor adecuado. Para que un retenedor cumpla eficazmente con su función, debe cumplir con ciertas características clave. Entre ellas destaca, el diseño, que garantiza que no interfiera con la oclusión, ni genere fuerzas activas que puedan mover los dientes de su posición (Proffit et al., 2013). Otra característica fundamental es la calidad del material, con el cual son

elaborados, ya que de ello dependerá la durabilidad del retenedor y resistencia a las fuerzas masticatorias, desgaste y deformación.

Entre los materiales más utilizados en la elaboración de retenedores removibles se encuentran los acetatos ortodónticos, que se destacan por ser láminas termoplásticas que permiten una adaptación precisa a la anatomía dental mediante técnicas de termoformado (Graber et al., 1994), no obstante, durante éste proceso el grosor del material no se mantiene constante en todas las áreas del acetato, lo que genera una serie de inconvenientes, dado que el grosor influye directamente con la magnitud de la fuerza que ejerce sobre los dientes (Ren et al., 2014).

Marcas comerciales como Essix y Valdi han adquirido reconocimiento en el sector odontológico por ofrecer materiales con excelentes propiedades mecánicas y estéticas.

Una de las propiedades mecánicas más relevantes en este contexto, es el módulo de flexión, que indica la rigidez del material frente a la flexión. Esta propiedad permite al ortodoncista elegir el tipo de lámina más adecuado según la necesidad clínica del paciente.

El módulo de resistencia a la flexión está relacionado con la geometría base e indica la capacidad en dichos materiales para soportar esfuerzos relativos a la flexión y se obtiene mediante la prueba resistencia a la flexión de 3 puntos, un método ampliamente utilizado que consiste en aplicar una carga sobre el centro de una muestra apoyada en dos extremos. El cálculo se realiza como tres veces la carga máxima multiplicada por la longitud del tramo de soporte, dividido entre dos veces el producto del ancho y el cuadrado del espesor del material (Shamsuri et al., 2016). Respecto a su composición química, los retenedores de acetato son fabricados a partir de un copoliéster, poliuretano, polipropileno y tereftalato de polietileno modificado (PET-G), los cuales son diseñados para ser únicamente utilizados con máquinas al vacío.

Actualmente, existe controversia sobre si la resistencia a la flexión de los retenedores ortodónticos de acetato depende más de su composición química o de la marca comercial. En la práctica clínica, los ortodoncistas suelen basar su elección del material de retención en la rigidez del acetato, ya que esta se relaciona

directamente con la durabilidad del dispositivo. Por ello, conocer la resistencia a la flexión de estos materiales resulta fundamental para evaluar su calidad y determinar si merece la pena su costo.

Pese a su importancia, son pocos los estudios que han evaluado la resistencia a la flexión de los acetatos utilizados en ortodoncia. Por tanto, el propósito de este trabajo fue comparar la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de acetato utilizadas en retenedores ortodónticos removibles, específicamente Essix (C+) y Valdi. Ambos son acetatos rígidos con un grosor de 0.040 mm, medida que suele ser la más empleada para la retención posterior a un tratamiento de ortodoncia.

II. Antecedentes

En un estudio realizado por Iijima et al. en 2015 se implementó la resistencia a la flexión de tres puntos para caracterizar las propiedades mecánicas de termoplásticos durante un aumento de temperatura de 25 °C a 100 °C.

La configuración de flexión de tres puntos abarcaba 12 mm y las deflexiones eran de 3 mm para todos los espesores de lámina. Los resultados mostraron una clara caída de fuerza de la muestra después de 30 minutos con una reducción del 34% para el PET-G (Iijima et al., 2015). En este estudio se observó una correlación en la caída de fuerza en las muestras y el tiempo. Debido a la alta temperatura a la que se termoformaron los especímenes se sugiere la posibilidad de reducir el tiempo de exposición a una temperatura menor a 100°C.

Ryu et al. (2018) observaron que los retenedores con 0,75 mm de espesor hechos de PETG mostraron un aumento en el módulo de flexión medido por su resistencia a la flexión después del termoformado y los retenedores de 1 mm de espesor mostraron una disminución después de este proceso, demostrando que el módulo de flexión disminuye al aumentar el espesor del material.

El termoformado tiene un papel dominante al debilitar los materiales de los retenedores en comparación con el envejecimiento *in Vitro*. Considerando la disminución significativa en el espesor del retenedor, la reducción en el módulo de flexión parece justificable.

Elkholy et al. en 2019 evaluaron diferentes métodos de prueba de flexión de tres puntos para medir el módulo de flexión de alineadores de PETG.

Sugirieron que, dado que los alineadores aplican fuerzas sobre los dientes a través de deflexiones muy pequeñas y con distancias pequeñas entre los puntos de aplicación de fuerza en las superficies de los dientes, se prefiere la menor distancia entre dos soportes en la prueba de flexión de tres puntos. En el presente estudio se fijó 11 mm como distancia entre dos soportes en UTM, casi similar a la distancia entre dos puntos de aplicación de fuerza en retenedores termoplásticos (Elkholy et al., 2019).

Además, se investigó la influencia de dos tramos reducidos en las fuerzas de flexión, el primer tramo fue de una longitud de 16 mm, en un intento de simular el ancho de dos incisivos centrales, sin embargo, los resultados de este tramo se interpretaron cautelosamente ya que se realizaron las pruebas con muestras, permitiendo una distribución relativamente uniforme del estrés en un área más grande, por ello se concluyó que un tramo de 8 mm de longitud ofrece resultados más realistas debido a la concentración del estrés local en las áreas más pequeñas del retenedor durante su aplicación clínica (Elkholy et al., 2019).

En otro estudio Alaa T. Albilali et al. en 2023 realizaron un ensayo de flexión en tres puntos, para evaluar las propiedades mecánicas de seis materiales termoplásticos de retenedores termoplásticos, tras el termoformado hubo diferencias significativas en el módulo de flexión donde se aplicó la norma ISO 20795-2 como ensayo para polímeros de base ortodóncica.

Se concluyó que la ventaja de haber realizado el ensayo de flexión en tres puntos es la simplicidad de la geometría de la muestra y podría representar las fuerzas aplicadas al retenedor termoplástico durante su colocación y extracción de la cavidad oral (Albilali et al., 2023).

III. Fundamentación Teórica

La palabra “ortodoncia” es un término introducido por Lefoulon en 1841, derivado de los vocablos griegos *orto* (recto) y *odontos* (diente), que la define como: “el tratamiento de las deformidades congénitas y accidentales de la boca”, cuyo propósito es corregir las irregularidades en las posiciones dentarias (Otaño et al., 2014).

Además, la ortodoncia es una de las especialidades en odontología que se encarga del estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de las anomalías de forma, posición, relación y función de las estructuras dentomaxilofaciales (Villafranca et al., 2002).

El tratamiento de ortodoncia consiste en corregir los diferentes tipos de maloclusiones mediante el uso de aparatos mecánicos que transmiten fuerzas a los órganos dentales y tejidos de soporte (Araujo & Souki, 2003; Thilander, 2000).

Los pacientes que reciben un tratamiento de ortodoncia tienden a esperar una mejor apariencia y función dentofacial, por ello los ortodoncistas deben prestar atención a las expectativas de los pacientes (Yao et al., 2016).

Una de las fases más importantes de un tratamiento de ortodoncia es la retención, que tiene por objetivo mantener los dientes en su correcta posición (Littlewood et al., 2017). Siendo una fase esencial, posterior a la corrección obtenida (Muller et al., 2009).

Oppenheim (1934) afirmó que “la retención es uno de los problemas más difíciles en ortodoncia”.

Se han propuesto diversas teorías sobre la retención. Un ejemplo de ello es Kingsley (1888), quien consideró que la oclusión era la clave para lograr una estabilidad oclusal.

Moyers (1988) definió el término de retención en ortodoncia como la contención de los dientes en la posición tratada después del tratamiento de ortodoncia para mantener el resultado.

Los ortodoncistas involucrados en el tratamiento de ortodoncia requieren de un conocimiento profundo sobre la etiología de la recidiva (Littlewood et al., 2017).

La recidiva es variable e impredecible, y la alineación del segmento anterior inferior y la sobremordida parecen ser las características oclusales menos estables corregidas ortodóncicamente (Freitas et al., 2017).

El estar familiarizado con los diferentes métodos para reducir la tendencia a la recidiva incluye conocer las ventajas y desventajas de los distintos tipos de retenedores, así como la capacidad de aconsejar a los pacientes sobre cómo usar los retenedores de manera efectiva (Littlewood et al., 2017).

Para elegir el tipo de retenedor que utilizará el paciente es necesario considerar su higiene bucal, salud periodontal y dental, además de la duración de la retención (Melrose & Millett, 1998).

En la actualidad, se acepta la necesidad de una retención de por vida o a largo plazo, siendo la única forma de garantizar la estabilidad de una adecuada oclusión. (Horowitz & Hixon, 1969; Little et al., 1988; Case, 2003).

Los retenedores pueden ser removibles, comúnmente formados al vacío o fijos como un retenedor adherido lingual/palatino (McNally et al., 2003).

Existe una clasificación que reúne los diferentes tipos de retenedores que hay en el mercado (Alassiry, 2019).

III.1 Clasificación de retenedores en Ortodoncia

Pueden clasificarse de acuerdo a su aplicación de fuerza, uso del paciente, visibilidad, generación o procedimientos de retención complementarios (Alassiry, 2019).

No.	Clasificación	Tipos	Ejemplos
1	Según su aplicación de fuerza	Retenedores activos	. Retenedores que aplican fuerza. . Retenedores de Ni-Ti.

		Tercera generación	. Más fácil de colocar y se adapta mejor que los retenedores de la tercera generación.
5	Procedimientos de retención complementarios		. Fibrotomía. . Frenectomía. . Reducción interproximal (IPR).

Particularmente los retenedores termoplásticos son aparatos que el paciente puede quitarse y colocarse cuando quiera, pudiendo ejercer una acción intermitente y entre sus ventajas destacan su fácil fabricación, el bajo costo, la estética y aceptación de los pacientes (McNally et al., 2003).

Ponitz (1971) denomina a los retenedores termoplásticos “invisibles” como alternativa al retenedor tradicional y mencionaba que podían producir pequeños movimientos dentales y podían ser utilizados como aparatos de retención.

En 1993, Sheridan introdujo el retenedor Essix®, estableciendo que debe tener un grosor de 0.75 milímetros (0,30 pulgadas) considerando que la plancha termoplástica debe tener casi el doble de grosor, ya que con el moldeado por calor la plancha se reduce de 0,30 a 0,15 pulgadas y para su retención debe incluir dos o tres milímetros de encía vestibular y lingual o palatina (McNally et al., 2003).

Son populares por su eficiencia clínica y pueden utilizarse para alinear incisivos irregulares (Spary, 1995; Mai et al., 2014).

La principal desventaja de estos retenedores termoplásticos radica en que al cubrir las caras oclusales de los dientes, no permiten pequeños ajustes verticales en la posición de los dientes, impidiendo así conseguir un mayor número de contactos oclusales una vez finalizado el tratamiento activo de ortodoncia (Dinçer & Işık Aslan, 2010).

Debido a su flexibilidad, este tipo de retenedores no deben usarse en aquellos casos en los que se han expandido las arcadas dentarias durante el tratamiento de

ortodoncia, puesto que no permiten un completo asentamiento de la oclusión (Wang, 1997; Sauget et al., 1997).

Los retenedores de plástico transparente, con o sin retención fija, pueden prescribirse con mayor frecuencia después de la corrección de una mordida abierta anterior que los retenedores de Hawley (Carneiro et al., 2022; Meade & Millett, 2013).

No obstante, la longevidad limitada de los retenedores de plástico transparente es un inconveniente reconocido, ya que se ha observado que la vida media de un retenedor termoplástico es de tan solo 3 a 5 meses (Jin et al., 2018).

Cabe resaltar que el uso prolongado de los retenedores termoplásticos en boca, tiende a degradar el material con el tiempo (Case, 2003).

Los retenedores termoplásticos mantienen los resultados del tratamiento de ortodoncia, mientras que los alineadores termoplásticos ejercen una fuerza activa para lograr el movimiento de los dientes como una alternativa de tratamiento a un aparato fijo (Levrini et al., 2015).

Rogers propuso que el funcionamiento adecuado y el equilibrio de la musculatura estaba relacionado con la estabilidad oclusal (Rogers, 1922).

La estabilidad de los resultados del tratamiento de ortodoncia varía según la maloclusión previa al tratamiento y la naturaleza de los cambios ortodóncicos; por ejemplo, se cree que la corrección de la mordida abierta anterior relacionada con la extrusión de los incisivos tiene un mal pronóstico para la estabilidad (Fleming, 2021).

Sin embargo, la relativa estabilidad de los movimientos dentales se ve influenciada por la maduración y el envejecimiento, por tanto, es inevitable recurrir a alguna forma de retención (Sinclair & Little, 1983). Considerando que las decisiones de planificación influyen en la probabilidad de producir resultados más estables (Fleming, 2021).

Por otra parte, la composición de los materiales termoplásticos utilizados para fabricar los retenedores de ortodoncia son el poliuretano, el copoliéster, el

polipropileno y el tereftalato de polietileno modificado (PET-G) (Zhang et al., 2011; Dogramaci and Littlewood, 2021).

El polipropileno es un material plástico con una muy buena rigidez, con una alta cristalinidad y un alto grado de fusión, posee una adecuada resistencia a los químicos además de ser un material de baja densidad, es utilizado para la producción de plásticos moldeados debido a la excelente combinación de propiedades que presenta, como peso ligero y resistencia al impacto (López & Ore Gil, 2018).

La producción de poliuretano (PU) se lleva a cabo mediante la síntesis de hexameten disocianato y policaprolactona diol y triol en disolución con dioxano, el objetivo de usar un diisocianato alifático, es que el PU no se convierte en tóxico, mutagénico y/o cancerígeno después de su degradación (Martínez, 2001).

El tereftalato de polietileno modificado PETG es un excelente material debido a su alta transparencia resultante de su bajo contenido de fase cristalina, posee buenas propiedades mecánicas y buena resistencia química. Además, debido a que es un material amorfo y polímero lineal, es utilizado para extrusión, moldeo por inyección, soplado y termoformado e impresión 3D (Li et al., 2009).

Anteriormente, los estudios han confirmado la fuerte relación entre las propiedades mecánicas de los materiales de los retenedores como la dureza y el módulo elástico, y la cantidad de fuerza ejercida por los retenedores (Kohda et al., 2013; Alassiry, 2019).

Las propiedades mecánicas del material termoplástico utilizado se prueban comúnmente *in vitro* mediante la determinación de curvas de carga-deflexión (Hahn et al., 2009; Elkholy et al., 2017).

Un enfoque comparable y menos complejo corresponde a una "flexión de tres puntos" o una "tensión de un solo eje" utilizando muestras de material plano sin tratar o termoformarlas en un tamaño definido, ya que la configuración de la prueba y las muestras de materiales pueden estandarizarse considerando las normas de prueba ISO 20795-2 (ISO, 2013).

Se han publicado varios estudios que informan resultados procedentes de ensayos de tracción o ensayos de flexión de tres puntos con diferentes geometrías y dimensiones de la muestra, para investigar la influencia clínica (Pascual et al., 2010; Ryu et al., 2018).

Además, la flexión en tres puntos podría representar las fuerzas que se aplican al retenedor termoplástico durante su colocación y extracción de la cavidad bucal, al apretar los dientes y en caso de bruxismo (Elkholy et al., 2019).

La resistencia a la flexión es el esfuerzo máximo de flexión que un material puede resistir antes de fallar. El material típicamente sometido a un estado de flexión posee propiedades de tensión y compresión. La técnica de flexión de tres puntos es la más común y utilizada en la determinación de la resistencia a la flexión. Además, se puede calcular como el coeficiente de tres sobre dos veces el producto de la carga en el punto de fractura y la longitud del tramo de soporte dividido por el producto del ancho y el cuadrado del espesor (Shamsuri et al., 2016).

El modelo matemático utilizado para la prueba de resistencia a la flexión está basado en la teoría del haz de Euler-Bernoulli para calcular los diferentes parámetros dentro del rango elástico lineal y compararlos con los valores medidos (Gere & Goodno, 2012). Para todos los cálculos se tienen en cuenta un módulo E de 2050 MPa, así como los espesores de lámina originales indicados por el fabricante.

El primer parámetro considerado es la fuerza efectiva (F) para los diferentes espesores de lámina con la envergadura de 8 mm y 16 mm de longitud y se expresa según la ecuación, donde f es el rango de deflexión, E es el módulo elástico, Iy es el segundo momento del área, y l es la longitud del tramo.

El segundo momento del área se calcula usando la ecuación:

$$F = \frac{48 \cdot E \cdot I_y \cdot f}{l^3},$$

Donde b es el espesor de la muestra y h es el ancho del espécimen.

$$I_y = \frac{bh^3}{12},$$

Para calcular la tensión local máxima ($\sigma_{\max}$) utilizamos la ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \cdot f \cdot E \cdot h}{l^2}.$$

Con las diferentes muestras de PET-G de un espesor que oscila entre 0,05 y 0,3 milímetros (Gere & Goodno, 2012).

Las muestras se cargan con una deflexión máxima de 5 mm y una velocidad de datos de 1 mm/min (Dalaie et al., 2021).

El módulo de flexión se calcula en GPa utilizando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{F_1 l^3}{4bh^3d}$$

Donde F_1 es la carga más alta en la sección recta de la curva carga-deflexión, d es la magnitud de la deflexión en F_1 , l es la longitud del tramo entre los soportes, b es el ancho de la muestra de prueba, y h es su altura.

IV. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La marca de acetato Essix presenta mayor resistencia a la flexión que la de Valdi.

Hipótesis nula

La marca de acetato Valdi presenta mayor resistencia a la flexión que la de Essix.

V. OBJETIVOS

V.1 Objetivo General

Determinar qué marca de acetato presenta mayor resistencia a la flexión, la Essix o la de Valdi.

V.2 Objetivos Específicos

Medir la resistencia a la flexión que tiene la marca de acetato Essix.

Medir la resistencia a la flexión que tiene la marca de acetato Valdi.

Comparar la resistencia a la flexión que tiene la marca de acetato Essix y la de Valdi.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

DISEÑO

Experimental *In vitro*

VI.2 Población o unidad de análisis

UNIVERSO

Especímenes de acetato en forma rectangular de 40 mm de largo por 10 mm de ancho.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

58 especímenes rectangulares de acetato de 40 x 10 mm cortados con tijeras y vértices pulidos de la marca Essix.

58 especímenes rectangulares de acetato de 40 x 10 mm cortados con tijeras y vértices pulidos de la marca Valdi.

VI.3.1 Criterios de selección

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Especímenes que cumplan con las medidas determinadas.

Especímenes con vertientes pulidas.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Especímenes que tengan burbujas al momento de termoformarlos.

Especímenes de superficie irregular o porosa.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Se eliminarán todos aquellos especímenes que sufran algún imprevisto durante el desarrollo de las pruebas que imposibilite evaluar las variables de interés.

VI.3.2 Variables estudiadas

Cuadro de variables dependientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Resistencia a la flexión	Esfuerzo máximo de flexión que un material puede resistir antes de fallar.	Se calcula a partir de la pendiente de la curva de tensión. La prueba de resistencia a la flexión a 3 puntos se realiza colocando la muestra sobre dos soportes y aplicando una carga en el centro de la muestra mediante un punto de carga.	Cuantitativa	Ordinal Rango Desviación estándar	GPa

Cuadro de variables independientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Acetato de la Marca Essix	Material termoplástico transparente que se termoforma para fabricar aparatos intraorales como retenedores, alineadores para movimientos dentales menores, adecuado para uso en pacientes no bruxistas.	Plástico compuesto por Polietileno tereftalato PET Copoliéster que se produce cuando se realizan cambios en los poliésteres, que son combinaciones de diácidos y dioles.	Cualitativa	Nominal	-----
Acetato de la Marca Valdi	Material termoplástico transparente utilizado en odontología para fabricar retenedores y férulas oclusales.	Plástico compuesto principalmente de polietileno (PE) o polipropileno (PP) y aditivos.	Cualitativa	Nominal	-----

VI.4 Técnicas e instrumentos

Los valores obtenidos a través del software de la máquina universal de pruebas se recolectaron en una base de datos de Excel a partir de la cual se realizaron los análisis pertinentes.

VI.5 Procedimientos

1. Fase de adquisición de material.

Se realizó la adquisición del material necesario para el desarrollo del estudio, el cual consistió en lo siguiente:

- 58 acetatos de la marca Essix (Figura 1.)

Figura 1. Acetatos de la marca Essix



- 58 acetatos de la marca Valdi (Figura 2.)

Figura 2. Acetatos de la marca Valdi



- 58 acetatos de la marca Dental-Blue (Figura 3.)

Figura 3. Acetatos de la marca Dental-blue (grupo control)



- Un equipo de termoformado por vacío (Vacum), utilizado para el proceso de termoformado de los acetatos previamente adquiridos.

Figura 4. Vacum utilizado para termoformado



2. Fase de elaboración de bloque con yeso tipo III de Ortodoncia (Figura 5.)

Se elaboró un bloque de yeso de ortodoncia tipo III, el cual sirvió como base para el proceso de termoformado de los acetatos.

Figura 5. Bloque de yeso tipo III de Ortodoncia

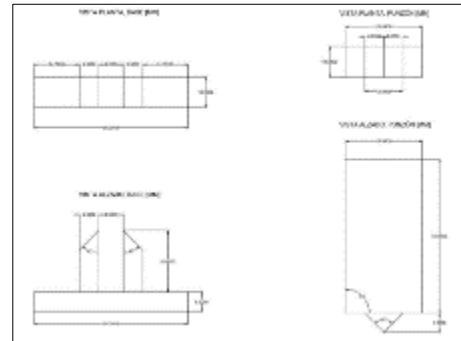


3. Diseño del dispositivo de carga

Se diseñó el plano del dispositivo de carga a 3 puntos (Figura 6.) para su posterior confección en el torno mecánico, dicho dispositivo constó de dos soportes

separados por una distancia entre ellos de 8 mm conforme a los requerimientos para la realización de la prueba de resistencia a la flexión.

Figura 6. Plano del dispositivo de carga a 3 puntos



4. Fase de termoformado del acetato y elaboración de especímenes

4.1. El equipo de termoformado por vacío fue calentado a una temperatura de 55 °C

4.2. Se colocó cada espécimen dentro del Vacuum durante un tiempo de 2.50 minutos (Figura 7.)



Figura 7. Calentamiento del acetato para su posterior succión al vacío

4.3. Posteriormente se realizó la succión al vacío de cada acetato sobre el bloque de yeso tipo III (Figura 8.)

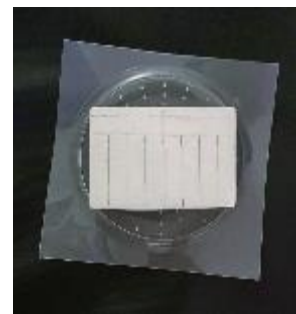


Figura 8. Acetato termoformado sobre el bloque de yeso tipo III

4.4. Los especímenes termoformados fueron retirados cuidadosamente utilizando una pinza.

4.5. Se midió con una regla milimétrica y se marcó con plumón indeleble la zona donde se hizo el recorte de cada espécimen.

4.6. Se hizo el recorte con tijeras de los 174 especímenes de $40 \times 10 \text{ mm}^2$

4.7. Se pulió cada una de las aristas de los especímenes con gomas de pulido de grano medio y fino.

5. Preparación de las pruebas:

5.1. Se realizó una revisión minuciosa de manual de la máquina Universal de pruebas (Figura 9.) el objetivo de asegurar su correcta utilización.

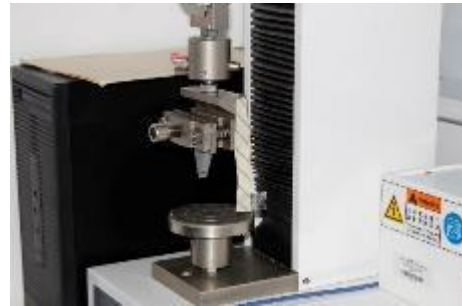


Figura 9. Máquina Universal de pruebas

5.2. Se verificó que la superficie de carga esté libre de defectos y que presentara una condición completamente plana.

5.3. Se calibró la máquina Universal de pruebas para una deflexión máxima de 2 mm en la prueba de ensaye.

5.4. Se colocó el dispositivo de carga de 3 puntos en la máquina (Figura 10).

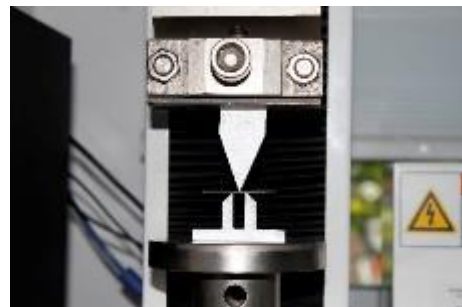


Figura 10. Dispositivo de carga de 3 puntos

5.5. Se ajustó la distancia entre los soportes según las especificaciones de la norma correspondiente.

5.6. Se colocó la muestra sobre los dos soportes inferiores de manera que esté nivelada y centrada.

5.7. Se verificó que la superficie superior de la muestra esté en contacto completo con los soportes.

5.8. Se aplicó una carga en el centro de la muestra mediante el punto de carga (Figura 11).



Figura 11. Aplicación de una carga en el centro de la muestra mediante el punto de carga.

5.9. Se mantuvo controlada y constante la velocidad de la aplicación de la carga.

5.10. Se registraron las fuerzas máximas obtenidas en el ensaye al momento de la deflexión máxima de la prueba.

5.11. Se realizó este procedimiento con las 173 muestras restantes.

5.12. Se tomaron fotografías durante todo el proceso como evidencia de la elaboración de dichas pruebas de ensaye.

6. Fase de análisis de resultados:

6.1. Se elaboró una hoja de captación para registrar los resultados obtenidos de las pruebas en la máquina Universal.

6.2. Se llenó la hoja de captación de forma manual con los datos correspondientes.

6.3. Se registraron los resultados en una base de datos de Excel.

7. Fase de análisis estadístico:

7.1. Las variables cuantitativas se expresaron a través del promedio, desviación estándar y rango.

Para identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, primero:

7.1.1. Se realizó una prueba de normalidad que indicará cual prueba paramétrica o no paramétrica será aplicada, tomando en cuenta también el número de grupos que serán comparados.

7.1.2. Los valores obtenidos en el laboratorio se registraron en una hoja de cálculo de Excel y serán analizados con paquete estadístico (GraphPad Prism 9.5) en busca de diferencias estadísticamente significativas. La significancia estadística fue establecida en $p < 0.05$.

7.2. Se hicieron gráficas estadísticas en Word con los resultados obtenidos.

7.3. Se aceptó la hipótesis nula según el valor estadístico de prueba si es mayor o menor al valor crítico.

7.4. Se compararon los valores de significancia de ambas marcas (Essix y Valdi) con respecto al grupo control (Dental-blue).

VI.5.1 Análisis estadístico

Se realizó la prueba de Smirnov-Kolmogov, para determinar la distribución de los datos.

El análisis de varianza ANOVA se utilizó para evaluar los datos obtenidos.

Por último, se realizó la prueba de Post hoc Tukey Kramer para determinar las diferencias entre los grupos.

Programa GraphPad versión 9.5 (GraphPad Prism Software Inc., San Diego, CA, EE. UU.). El nivel de significancia estadística se estableció en ($p < 0,05$).

VII. Resultados

En el cuadro 1 se presentan los valores de la resistencia a la flexión de acetatos para retenedores ortodónticos de dos marcas Essix® y Valdi®. Se puede observar un cambio significativo en el grupo de Essix, el cual resultó con menor resistencia de flexión comparado con Valdi. No existió diferencia estadísticamente significativa con el grupo control.

Cuadro 1. Comparación de los valores de resistencia a la flexión (GPa) de acetatos para retenedores ortodónticos de dos marcas Essix y Valdi.

Grupo	Essix (n= 58)	Valdi (n= 58)	Dental-Blue (n= 58)	Valor de p
	X ± DE (Rango)			
Resistencia a la flexión	0.40 ± 0.12 (0.016- 0.83)	0.67 ± 0.12 (0.48-0.94)	0.68 ± 0.21 (0.33-1.34)	<0.0001

GPa: Giga pascales; X: Promedio; DE: Desviación estándar.

*Prueba de ANOVA. *Post hoc* TUKEY: Essix Vs Valdi (p <0.0001), Essix Vs Dental-blue (p <0.0001), Valdi Vs Dental-Blue (p >0.05).

En el cuadro 1 se puede observar un cambio significativo en el grupo de Essix, el cual resultó con menor resistencia de flexión comparado con Valdi. No existió diferencia estadísticamente significativa con el grupo control.

VIII. Discusión

La resistencia a la flexión, es una de las propiedades mecánicas fundamentales de los acetatos para retenedores ortodónticos, ya que está relacionada directamente con la capacidad para mantener o generar fuerzas de ortodoncia, necesarias en la fase de retención, de no ser así se perdería la estabilidad del caso posterior al retiro de la aparatología ortodóntica.

En este contexto, se ha mostrado en diversos estudios que dicha propiedad depende de varios factores como la composición de los materiales termoplásticos, el espesor, las condiciones del entorno dentro de boca y su proceso de fabricación.

El módulo de flexión disminuye al aumentar el espesor del material, en un estudio realizado en el 2018 Ryu et al. observaron que los retenedores con 0,75 mm de espesor hechos de PETG mostraron un aumento en el módulo de flexión medido por su resistencia a la flexión después del termoformado y los retenedores de 1 mm de espesor mostraron una disminución después de este proceso, demostrando que el módulo de flexión disminuye al aumentar el espesor del material.

Además, un incremento en el espesor del material conlleva un aumento significativo rigidez y resistencia mecánica que puede comprometer la comodidad del paciente y la adaptación del dispositivo a la boca del paciente, por lo que se requiere de un equilibrio clínico evaluando las condiciones en las que se encuentra el paciente al terminar el tratamiento de ortodoncia.

El tipo de material también influye en resistencia a la flexión, polímeros como el PETG tienen un equilibrio entre rigidez y elasticidad, los poliuretanos termoplásticos han mostrado mejor resistencia a la fatiga, pero menor rigidez inicial, se requiere una evaluación experimental de estos materiales en diversas condiciones para evaluar con precisión su eficacia.

El objetivo general de este estudio fue determinar qué marca de acetato presenta mayor resistencia a la flexión, la Essix o la de Valdi, la hipótesis aceptada fue la nula y la hipótesis de trabajo fue rechazada, ya que la marca de acetato Valdi presentó

mayor resistencia a la flexión que la de Essix, pero la marca Essix presentó una mayor resistencia a la fuerza aplicada con respecto a una deflexión estandarizada.

Durante el termoformado como resultados cualitativos los acetatos de la marca Valdi presentaron burbujas al momento de elaborar las muestras, además los acetatos del grupo control Dental-blue fueron de difícil manipulación, ya que al realizar los cortes con tijera, el material era demasiado rígido a pesar de tener el mismo grosor que las demás muestras y se tornaba quebradizo, haciendo necesaria la elaboración de más especímenes, incrementando el costo del experimento e incrementando su tiempo de elaboración, esto es una desventaja en el ámbito laboral, ya que se prefiere un material de fácil uso, confección y menor deformidad en el material.

En la práctica clínica, los ortodoncistas suelen basar su elección del material de retención en la rigidez del acetato, ya que esta se relaciona directamente con la durabilidad del dispositivo. Por ello, al conocer la resistencia a la flexión de estos materiales resulta fundamental para evaluar su calidad y determinar si merece la pena su costo.

En cuanto a los procesos de fabricación, se ha observado que al ser termoformado el acetato, inducir cambios estructurales material reduciendo sus propiedades mecánicas originales (Iijima et al., 2015). En este estudio se observó una correlación en la caída de fuerza en las muestras y el tiempo, debido a la alta temperatura a la que se termoformaron los especímenes se sugirió la posibilidad de reducir el tiempo de exposición a una temperatura menor a 100°C, las temperaturas elevadas y las condiciones de humedad pueden provocar la oxidación del polímero, lo que algunos investigadores sugieren que es la causa del aumento observado en el módulo elástico o la rigidez., la temperatura a la que se sometieron los especímenes del presente estudio fue de 55 °C por un tiempo de 2 minutos con 50 segundos.

Finalmente, la evidencia sugiere que la resistencia a la flexión es un parámetro esencial, pero insuficiente sí solo para predecir el comportamiento clínico de los retenedores ortodónticos, es necesario hacer una evaluación integral de los factores antes mencionados, con el fin de mejorar la predictibilidad del retenedor, futuras

investigaciones deberán enfocarse en estandarizar los métodos experimentales y protocolizar las evaluaciones para llegar a resultados más precisos.

Una de las principales limitantes del presente estudio es que, al ser *in vitro*, solo se realizó en bloques de yeso de Ortodoncia tipo III con la simulación del dispositivo, sin embargo, no se pueden controlar todas las variaciones en la anatomía de los modelos de estudio, por ello se requiere una base plana y estable para confeccionar los especímenes, por lo que los resultados pueden verse modificados en un experimento más cercano a la realidad.

Es muy importante realizar estudios de la resistencia a la flexión de las distintas marcas de acetatos para retenedores de ortodoncia que existen en el mercado, bajo distintos protocolos de termoformado, condiciones térmicas, distintos grosores del material termoplástico y ciertas variaciones del tiempo del material, para la obtención de resultados más específicos y poder así tener el criterio de selección de la marca con el que es más factible realizar este tipo de retenedores termoplásticos, debido a que dependerá de ello el éxito del tratamiento de ortodoncia.

Mediante el análisis este estudio, se abren nuevas líneas de investigación y variables como análisis de la fatiga del material, acción de la degradación del acetato con tiempos específicos, la simulación del entorno oral con saliva artificial o con una variable de líquidos y alimentos utilizados comúnmente por la población, también pudiendo realizar los especímenes de distintos grosores y pruebas de termoformado a distintos grados de temperatura para evaluar de manera más precisa la calidad y durabilidad del material para la confección de los retenedores ortodónticos.

IX. Conclusiones

Se concluye que hay un menor módulo de flexión y una mayor resistencia a la fuerza aplicada con respecto a una deflexión estandarizada en el grupo Essix comparado con el grupo Valdi.

X. Propuestas

Limitaciones del estudio

1. Condiciones artificiales de carga
2. Ausencia de factores clínicos reales
3. Muestras planas rectangulares (no es replica real)
4. Dificultad en la predicción del rendimiento clínico

Nuevas líneas de investigación

- a. Simulación del entorno oral
- b. Evaluación de la degradación del acetato
- c. Análisis de la fatiga del material

X. Referencias bibliográficas

- Alassiry, A. M. (2019). Orthodontic retainers: A contemporary overview. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(7), 857–862.
- Albilali, A. T., Baras, B. H., & Aldosari, M. A. (2023). Evaluation of Mechanical Properties of Different Thermoplastic Orthodontic Retainer Materials after Thermoforming and Thermocycling. *Polymers*, 15(7).
- Araujo, E., & Souki, M. (2003). Bolton anterior tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Angle Orthodontist*, 73(3), 307–313.
- Carneiro, N. C. R., Nóbrega, M. T. C., Meade, M. J., & Flores-Mir, C. (2022). Retention decisions and protocols among orthodontists practicing in Canada: A cross-sectional survey. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162(1), 51–57.
- Case, C. S. (2003). Principles of retention in orthodontia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(4), 352–361.
- Dalaie, K., Fatemi, S. M., & Ghaffari, S. (2021). Dynamic mechanical and thermal properties of clear aligners after thermoforming and aging. *Progress in Orthodontics*, 22, 1–11.
- Dinçer, M., & Işık Aslan, B. (2010). Effects of thermoplastic retainers on occlusal contacts. *The European Journal of Orthodontics*, 32(1), 6–10.
- Dogramaci, E. J., & Littlewood, S. J. (2021). Removable orthodontic retainers: practical considerations. *British Dental Journal*, 230(11), 723–730.
- Elkholy, F., Schmidt, F., Jäger, R., & Lapatki, B. G. (2017). Forces and moments applied during derotation of a maxillary central incisor with thinner aligners: An in-vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(2), 407–415.
- Elkholy, F., Schmidt, S., Amirkhani, M., Schmidt, F., & Lapatki, B. G. (2019). Mechanical characterization of thermoplastic aligner materials: recommendations for test parameter standardization. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019.
- Fleming, P. S. (2021). Orthodontic treatment planning: can we plan for stability? *British Dental Journal*, 230(11), 717–721.
- Freitas, K. M. S., Guirro, W. J. G., de Freitas, D. S., de Freitas, M. R., & Janson, G. (2017). Relapse of anterior crowding 3 and 33 years postretention. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 152(6), 798–810.
- Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2012). *Mechanics of materials*. Cengage learning.
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L., & Huang, G. J. (1994). Orthodontics: current principles and techniques. (No Title).

- Hahn, W., Fialka-Fricke, J., Dathe, H., Fricke-Zech, S., Zapf, A., Gruber, R., Kubein-Meesenburg, D., & Sadat-Khonsari, R. (2009). Initial forces generated by three types of thermoplastic appliances on an upper central incisor during tipping. *The European Journal of Orthodontics*, 31(6), 625–631.
- Horowitz, S. L., & Hixon, E. H. (1969). Physiologic recovery following orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*, 55(1), 1–4.
- Iijima, M., Kohda, N., Kawaguchi, K., Muguruma, T., Ohta, M., Naganishi, A., Murakami, T., & Mizoguchi, I. (2015). Effects of temperature changes and stress loading on the mechanical and shape memory properties of thermoplastic materials with different glass transition behaviours and crystal structures. *European Journal of Orthodontics*, 37(6), 665–670.
- International Organization for Standardization. (2013). ISO 20795-2 Dentistry—Base Polymers: Part 2. *Orthodontic Base Polymers*, 2(ISO 20795-2).
- Jin, C., Bennani, F., Gray, A., Farella, M., & Mei, L. (2018). Survival analysis of orthodontic retainers. *European Journal of Orthodontics*, 40(5), 531–536.
- Kingsley, N. W. (1888). *A treatise on oral deformities as a branch of mechanical surgery*. D. Appleton.
- Kohda, N., Iijima, M., Muguruma, T., Brantley, W. A., Ahluwalia, K. S., & Mizoguchi, I. (2013). Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. *The Angle Orthodontist*, 83(3), 476–483.
- Levrini, L., Novara, F., Margherini, S., Tenconi, C., & Raspanti, M. (2015). Scanning electron microscopy analysis of the growth of dental plaque on the surfaces of removable orthodontic aligners after the use of different cleaning methods. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 7, 125–131.
- Li, B., Zhang, X., Zhang, Q., Chen, F., & Fu, Q. (2009). Synergistic enhancement in tensile strength and ductility of ABS by using recycled PETG plastic. *Journal of Applied Polymer Science*, 113(2), 1207–1215.
- Little, R. M., Riedel, R. A., & Artun, J. (1988). An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(5), 423–428.
- Littlewood, S. J., Dalci, O., Dolce, C., Holliday, L. S., & Naraghi, S. (2021). Orthodontic retention: what's on the horizon? *British Dental Journal*, 230(11), 760–764. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-2937-8>
- Littlewood, S. J., Kandasamy, S., & Huang, G. (2017). Retention and relapse in clinical practice. *Australian Dental Journal*, 62, 51–57.
- López Luis, G. R., & Ore Gil, N. U. (2018). *Propiedades físicas y mecánicas de paneles elaborados con residuos de polipropileno-2018*.
- Mai, W., Meng, H., Jiang, Y., Huang, C., Li, M., Yuan, K., & Kang, N. (2014).

- Comparison of vacuum-formed and Hawley retainers: a systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 145(6), 720–727.
- Martínez, P. C. A. (2001). *Desarrollo de un Material Compuesto Poliuretano/Hidroxiapatita por un método biomimético*. Tesis de Doctorado, CIMAV-CIQA.
- McNally, M., Mullin, M., Dhopatkar, A., & Rock, W. P. (2003). Orthodontic Retention : Why When and How? *Dental Update*, 30(8), 446–452.
- Meade, M. J., & Millett, D. (2013). Retention protocols and use of vacuum-formed retainers among specialist orthodontists. *Journal of Orthodontics*, 40(4), 318–325.
- Melrose, C., & Millett, D. T. (1998). Toward a perspective on orthodontic retention? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 113(5), 507–514.
- Moyers, R. E. (1988). Adult treatment, Moyers, RE: Handbook of orthodontics, London. *Year Book Medical*, p494-510.
- Muller, C., Hitmi, L., Roussarie, F., & Attal, J. P. (2009). Méthode simple et rapide de contention indirecte. *L'Orthodontie Française*, 80(2), 233–238.
- Oppenheim, A. (1934). The crisis in orthodontia Part I 2. Tissue changes during retention. Skogborg's septotomy. *International Journal of Orthodontia and Dentistry for Children*, 20(6), 542–554.
- Otaño, L. R., Marin, M. G., Massón, B. R., Fernández, Y. R., Llanes, R. M., & Cruz, R. Y. (2014). Origen y evolución de la Ortodoncia en: Ortodoncia. *La Habana: Editorial Ciencias Médicas*, 3–4.
- Pascual, A. L., Beeman, C. S., Hicks, E. P., Bush, H. M., & Mitchell, R. J. (2010). The essential work of fracture of thermoplastic orthodontic retainer materials. *Angle Orthodontist*, 80(3), 554–561.
- Ponitz, R. J. (1971). Invisible retainers. *American Journal of Orthodontics*, 59(3), 266–272.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Sarver, D. M., & Ackerman, J. L. (2013). *Contemporary Orthodontics 5th edn*, 161–204. Elsevier, Amsterdam.
- Ren, C., Li, X., Wang, Z., Wang, H., & Bai, Y. (2014). Measurement of orthodontic forces exerted on the upper right central incisor with the increase of the distance of tooth movement and thickness of the aligner. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi= Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi= Chinese Journal of Stomatology*, 49(3), 177–179.
- Rogers, A. P. (1922). *Making facial muscles our allies in treatment and retention*. Philadelphia: SS White Dental Manufacturing Company.

- Ryu, J.-H., Kwon, J.-S., Jiang, H. B., Cha, J.-Y., & Kim, K.-M. (2018). Effects of thermoforming on the physical and mechanical properties of thermoplastic materials for transparent orthodontic aligners. *The Korean Journal of Orthodontics*, 48(5), 316–325.
- Sauget, E., Covell Jr, D. A., Boero, R. P., & Lieber, W. S. (1997). Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. *The Angle Orthodontist*, 67(3), 223–230.
- Shamsuri, A. A., Awing, M. I., & Tawil, M. L. M. (2016). Calculation of measurement uncertainty for tensile strength and flexural strength of thermoplastic. *Asian Research Journal of Mathematics*, 1(3), 1–11.
- Sinclair, P. M., & Little, R. M. (1983). Maturation of untreated normal occlusions. *American Journal of Orthodontics*, 83(2), 114–123.
- Spary, D. J. (1995). The Split Tru-Train: A Simple Answer to a Common Problem. *British Journal of Orthodontics*, 22(2), 195–197.
- Thilander, B. (2000). Biological basis for orthodontic relapse. *Seminars in Orthodontics*, 6(3), 195–205.
- Valiji Bharmal, R., Parker, K., Caldwell, S., Chia, M., Gillgrass, T., Jones, G., Hodge, T., Mattick, R., Murray, A., & Seehra, J. (2020). A multicentre audit to assess the effectiveness of the British Orthodontic Society ‘Hold that Smile’retainer videos. *Journal of Orthodontics*, 47(1), 72–77.
- Villafranca, C., Cobo-Plana, J., Fernández, M.P. & Jimenez, A. (2002). Cefalometría de las vías aéreas superiores (VAS). *RCOE*, 7(4), 407–414.
- Wang, F. (1997). A new thermoplastic retainer. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 31(11), 754–757.
- Yao, J., Li, D. D., Yang, Y. Q., McGrath, C. P. J., & Mattheos, N. (2016). What are patients’ expectations of orthodontic treatment: a systematic review. *BMC Oral Health*, 16, 1–8.
- Zhang, N., Bai, Y., Ding, X., & Zhang, Y. (2011). Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dental Materials Journal*, 30(6), 954–959.

XI. Anexos

X1.1 Hoja de recolección de datos

Título: Evaluación de la resistencia a la flexión de acetatos para retenedores ortodónticos de dos marcas, Essix y Valdi: Estudio *in Vitro*.

Acetato de la Marca Essix (GPa)	Acetato de la Marca Valdi (GPa)	Acetato de la Marca Dental-Blue (GPa)
0.39758415	0.69076174	0.36820909
0.37243259	0.84539958	0.69333333
0.36933637	0.71407397	0.40683428
0.48510086	0.67653376	0.5638103
0.37045145	0.90519662	0.34137326
0.48590232	0.66299433	1.00591716
0.44808742	0.55159392	0.66824977
0.33399787	0.57920709	0.41875
0.36297896	0.55111111	0.7715066
0.6021155	0.55633627	1.14779314
0.3080281	0.66616955	0.64504373
0.39009959	0.56555859	0.38834564
0.30714226	0.53538136	0.68375767
0.45435883	0.77494587	0.86743802
0.37211675	0.48952816	0.7552
0.35169257	0.85051708	0.70517493
0.22094668	0.69633656	0.86785893
0.2923696	0.57402928	0.82967819
0.43669111	0.68063471	0.4556031
0.65273856	0.89622052	0.33959184
0.4273884	0.63929516	0.34133333
0.8358744	0.72485764	0.4637037
0.60596696	0.66171306	0.60393689
0.45310088	0.67064274	0.5019242
0.23304756	0.5764894	0.64115612
0.34082858	0.88859504	0.55348202
0.39759335	0.71364321	0.39450974
0.76515279	0.59402518	0.58740183
0.33920033	0.64806713	0.52240468
0.47091413	0.65252617	0.90945413
0.43568513	0.58740183	0.98090278
0.3001294	0.82108049	0.67181609
0.36872428	0.87976947	0.52267308
0.26820302	0.62363337	1.34234103
0.32870023	0.52817377	0.57961135

0.35863162	0.87951488	0.90230148
0.31310228	0.85990352	0.8237037
0.50048242	0.57110382	0.49766463
0.31438121	0.57058614	0.9508858
0.33506484	0.56307468	0.98178959
0.48197418	0.64255223	0.56418877
0.30770919	0.63485144	0.60300317
0.34713925	0.93174083	0.97182028
0.32572455	0.63694082	0.80549048
0.36841034	0.52054405	1.17727073
0.40800337	0.79534747	0.39183673
0.5446163	0.5333219	0.7519179
0.29177283	0.5515978	0.89244177
0.16009109	0.8010924	0.67247919
0.60285756	0.5756213	0.67827248
0.39875	0.72922787	0.68797069
0.31993487	0.62222222	0.66597294
0.29596151	0.94835698	0.97936142
0.36128638	0.51840946	0.59897637
0.57481481	0.57718823	0.72210283
0.293125	0.66278956	0.60148148
0.42727458	0.65512446	0.60404644
0.35723557	0.54017493	0.68305493