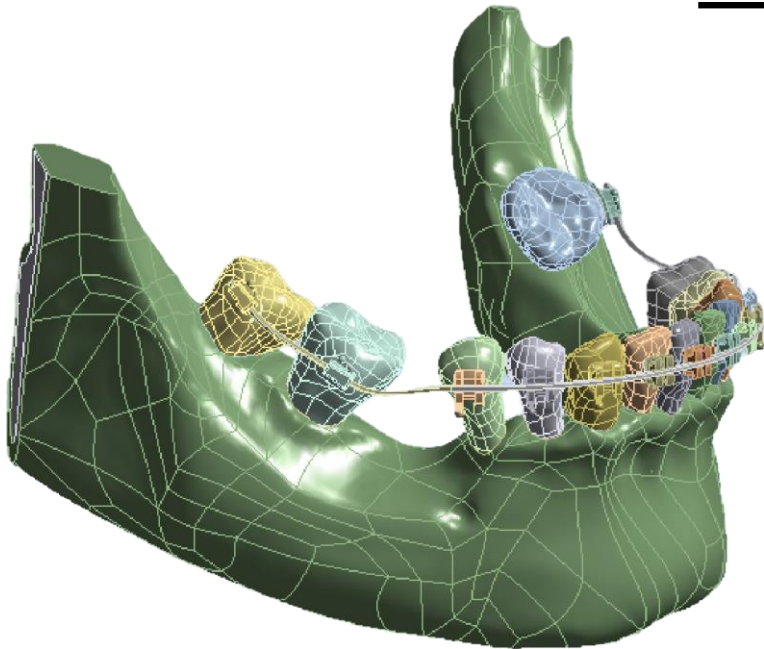


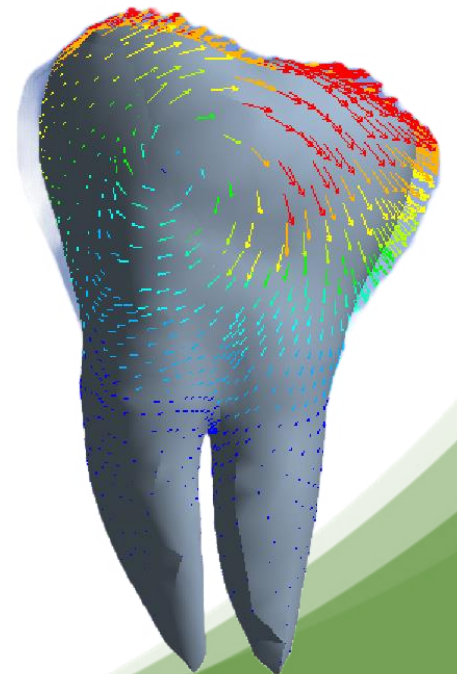
GANANCIA DE ESPACIO LOGRADA CON LA VERTICALIZACIÓN DE MOLARES INFERIORES INCLINADOS MESIALMENTE USANDO ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS



Valentina Leal
Daniela Rizo

Dra. Liliana Jara
Asesora Científica

Dra. Luz Andrea Velandia
Asesora Metodológica



INTRODUCCIÓN

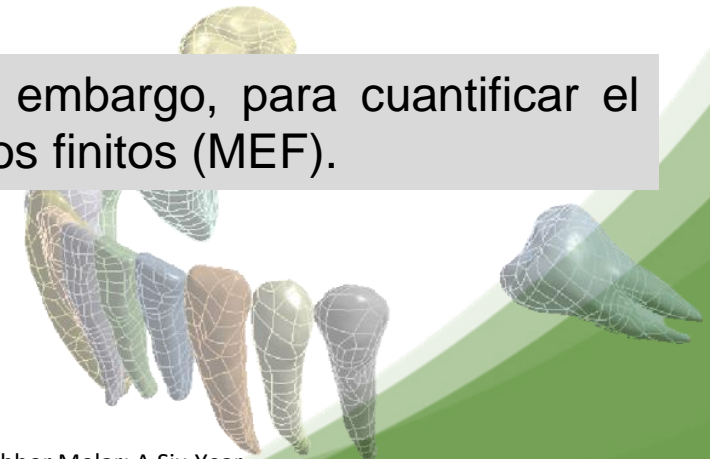
Cuando un molar se pierde, el diente adyacente tiende a mesoinclinarse debido al espacio edéntulo disponible, provocando también posibles extrusiones de dientes antagonistas.



<https://acortar.link/3yuu6l>

Por lo tanto, es esencial aplicar métodos de verticalización molar para estabilizar el plano oclusal alineando los molares a través de aparatología ortodóncica.

Existen diferentes técnicas para lograr la verticalización molar, sin embargo, para cuantificar el comportamiento biomecánico es necesaria la simulación por elementos finitos (MEF).



INTRODUCCIÓN

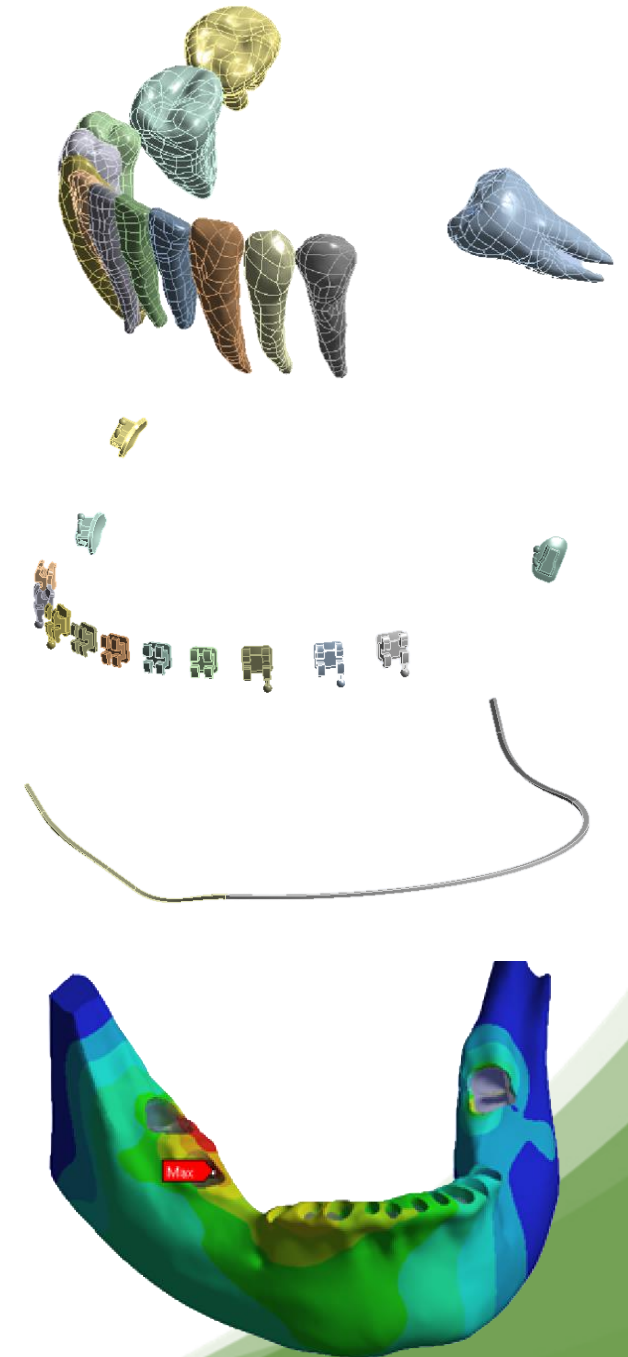
¿Qué son los Elementos Finitos?

La simulación por MEF permite la evaluación de fuerzas, tensiones y deformaciones sobre los dientes y tejidos circundantes durante el tratamiento ortodóntico.



MEF permite planificar el tratamiento de manera más precisa, lo que aumenta la eficacia del tratamiento y de la investigación.

Permite analizar la mecánica estructural simulando el comportamiento de los materiales y estructuras bajo diferentes cargas y condiciones, lo que permite evaluar individualmente los dientes, brackets, arcos, estructuras óseas entre otros.

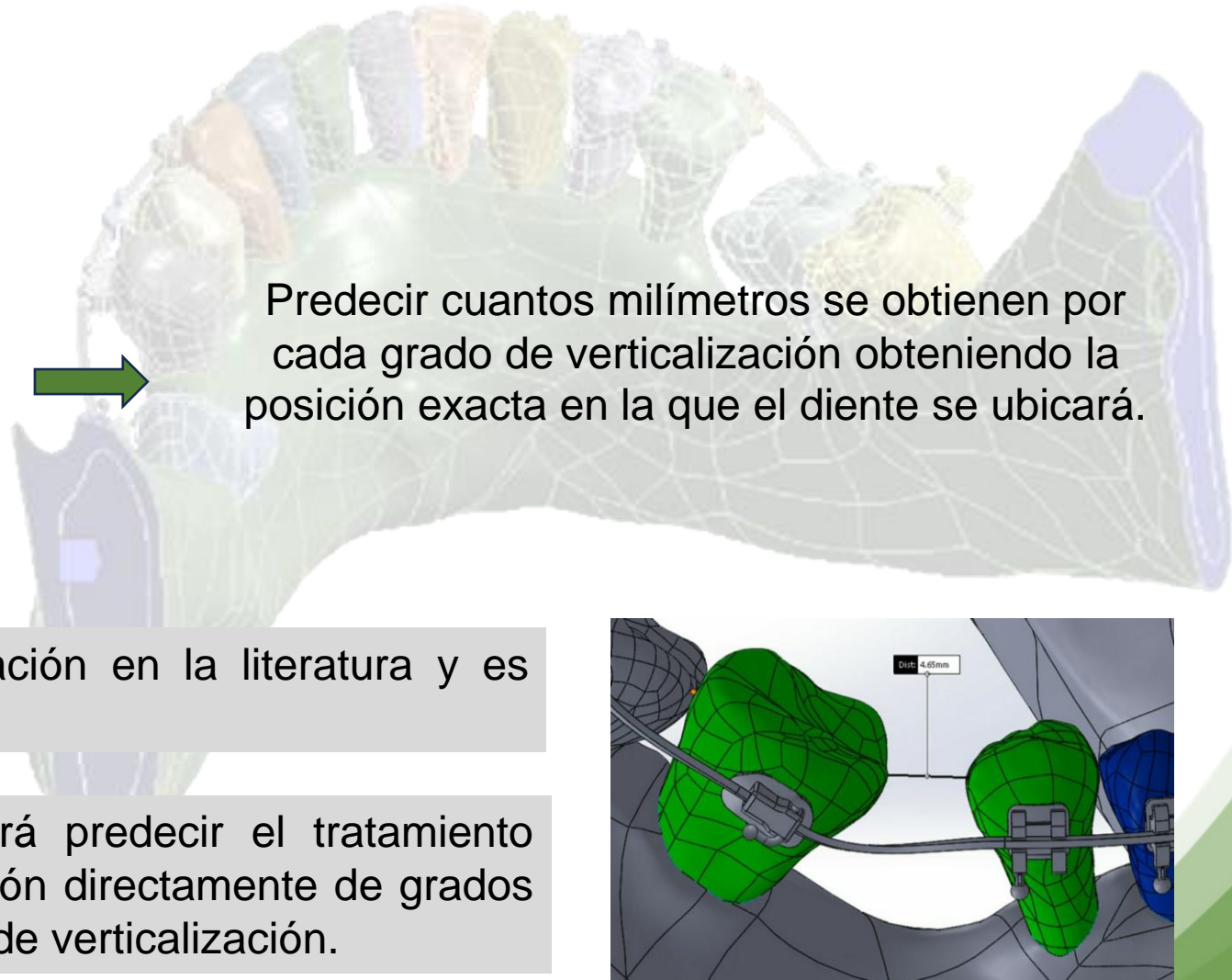


INTRODUCCIÓN

Una vez lograda la verticalización es importante para el ortodoncista conocer la ganancia de espacio lograda bajo este tipo de movimientos.

Actualmente no se cuenta con información en la literatura y es impreciso cuantificar sobre el paciente.

Al utilizar la simulación MEF, se podrá predecir el tratamiento numéricamente posibilitando la conversión directamente de grados de inclinación de un diente a milímetros de verticalización.

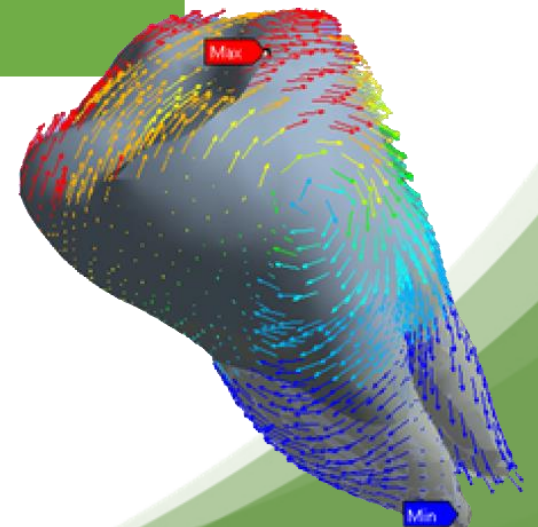


PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

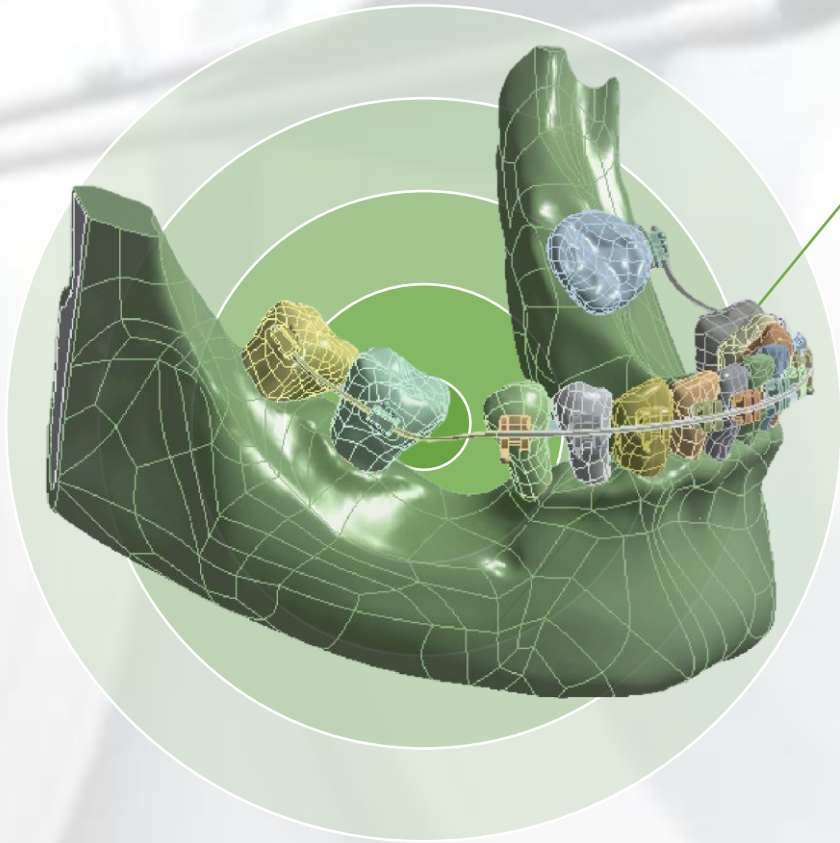
Teniendo en cuenta todo lo planteado anteriormente, se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los efectos biomecánicos y la ganancia de espacio lograda con la verticalización de molares inferiores inclinados mesialmente usando análisis de elementos finitos?

- Jara L, Velandia L, Rizo D, Leal V.



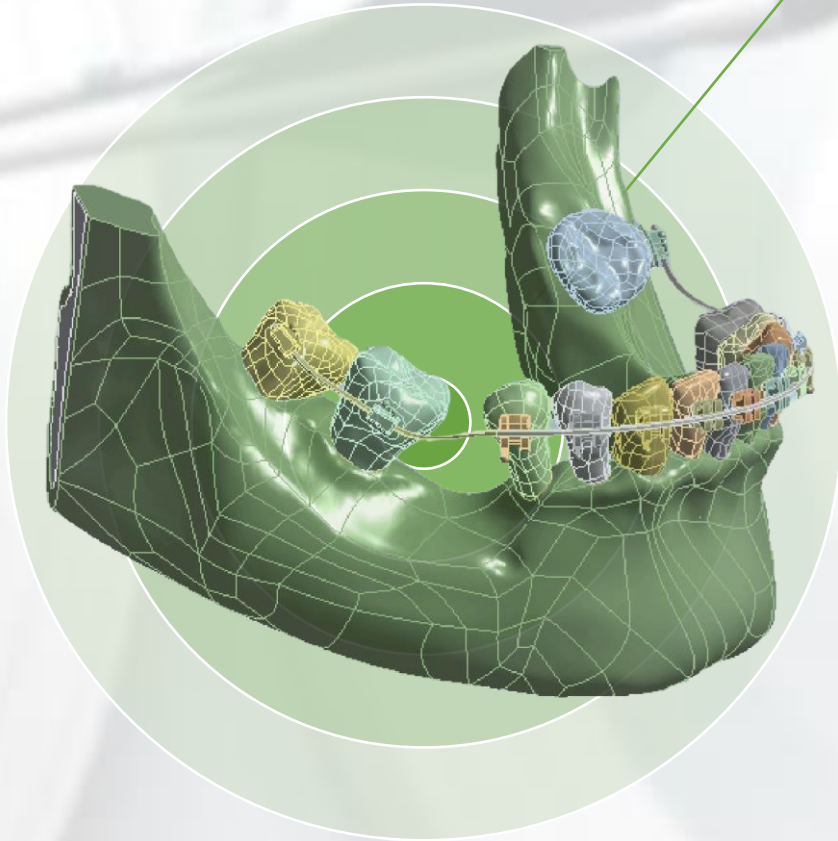
OBJETIVO



General

Evaluar los efectos biomecánicos y la ganancia de espacio lograda con la verticalización de molares inferiores inclinados mesialmente usando análisis de elementos finitos.

OBJETIVOS



Específicos

Cuantificar los milímetros de ganancia de espacio por cada grado al verticalizar del molar inferior inclinado mesialmente.

Comparar el comportamiento entre verticalizar un molar con diente adyacente y sin diente adyacente.

Evaluar el **comportamiento biomecánico** del NiTi natural, Cu Niti, Niti termo y TiMo sobre el molar a verticalizar.

Analizar el **esfuerzo** del NiTi natural, Cu Niti, Niti termo y TiMo sobre el molar a verticalizar.

Analizar la **deformación** ósea trabecular y cortical y del NiTi natural, Cu Niti, Niti termo y TiMo sobre el molar a verticalizar.

Analizar el **desplazamiento** del NiTi natural, Cu Niti, Niti termo y TiMo sobre el molar a verticalizar.

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO

Observacional por medio de un modelo matemático

MUESTRA

Molar 38, 47 y 48 modelados de tomografía de paciente adulto con angulación molar mayor a 30°

POBLACIÓN DE REFERENCIA

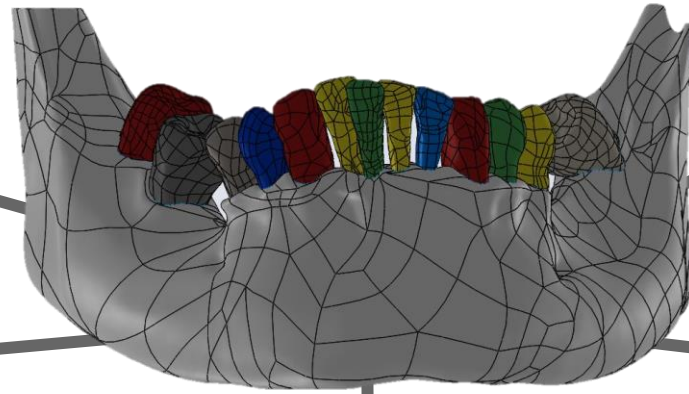
Tomografía de paciente adulto con angulación de tercer molar inferior mayor a 30°

MATERIAL OBJETO DE ESTUDIO

El modelado en elementos finitos de tercer molar escaneado a través de tomografía en formato DICOM.

OBJETO DE ESTUDIO

La ganancia de espacio al realizar la verticalización de los terceros molares con un arco continuo.



MATERIALES Y MÉTODOS

Criterios de inclusión

Tomografía con inclinación en molares con ángulos mayores a 30°

Tomografía de paciente sin dispositivos fijos intraorales que distorsionen

Tomografía de paciente que presenta un molar a verticalizar con y sin diente adyacente

Criterios de exclusión

Tomografía de paciente sistémicamente comprometido

Tomografía con baja calidad de imagen

Tomografía de paciente haya tenido procedimientos de ortodoncia

MATERIALES Y MÉTODOS

VARIABLE CONFUSIÓN

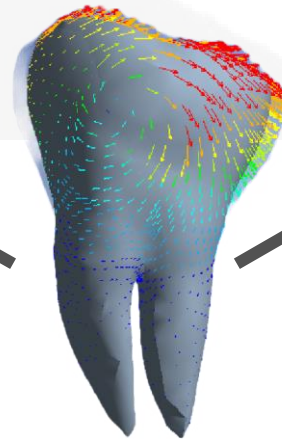
- ✓ Altura ósea

VARIABLE DEPENDIENTE

- ✓ Ganancia de espacio
- ✓ Tensión
- ✓ Grados
- ✓ Milímetros
- ✓ Inclinación
- ✓ Deformación
- ✓ Desplazamiento
- ✓ Esfuerzo

VARIABLE INDEPENDIENTES

- ✓ Aleación CuNiTi
- ✓ Aleación NiTi Termoactivado
- ✓ Aleación NiTi Natural
- ✓ Aleación TiMo



OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Ganancia de espacio	Espacio obtenido en milímetros producido como respuesta a la verticalización	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Tensión	Fuerza ejercida sobre una distancia significativa	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Grados	Valor o medida que puede variar según la intensidad producida	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Milímetros	Unidad de longitud	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

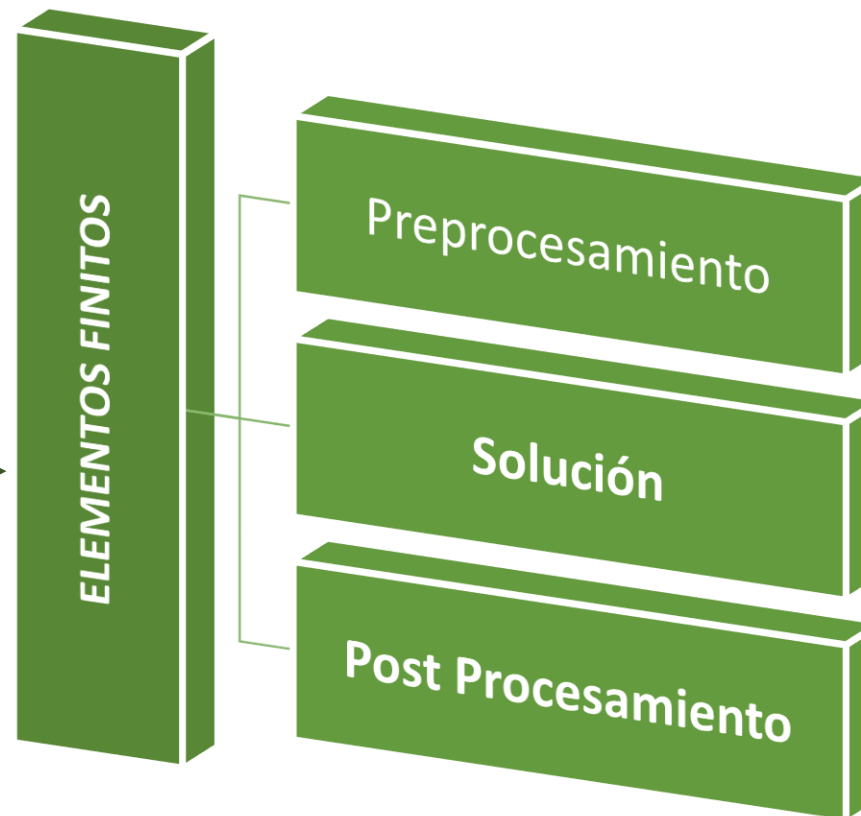
VARIABLE	DEFINICIÓN	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Inclinación	Ángulo formado entre el eje vestibular de la corona clínica de los dientes y una línea perpendicular al plano oclusal	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Deformación	Cambio en el tamaño de un cuerpo debido a tensiones internas	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Desplazamiento	Cambio de posición de un lugar a otro	Cuantitativa	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Esfuerzo	Empleo energético de la fuerza física contra algún impulso o resistencia	Cuantitativo	Dependiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Altura Ósea	Reborde del hueso maxilar más externo en sentido vertical	Cuantitativa	Confusión	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Aleación CuNiTi	Alambre compuesto de cobre-niquel y titanio	Cuantitativa	Independiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Aleación NiTi Natural	Alambre de ortodoncia compuesta de Niquel Titanio	Cuantitativa	Independiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Aleación NiTi Termoactivado	Alambre compuesto de Niquel y Titanio que se activa con temperatura	Cuantitativo	Independiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys
Aleación TiMo	Alambre compuesto de Titanio molibdeno	Cuantitativo	Independiente	Continua	Modelo matemático de elementos finitos en Software Ansys

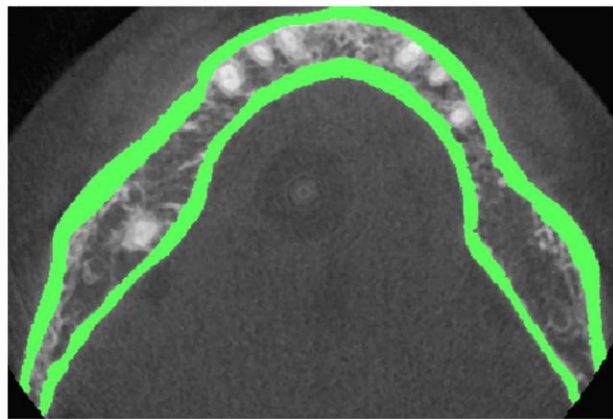
PROCEDIMIENTO

Creación de un modelo geométrico mandibular mediante elementos finitos utilizando una tomografía de una paciente femenina de 42 años.

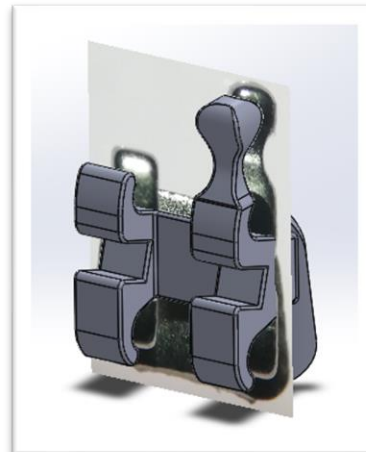


PROCEDIMIENTO

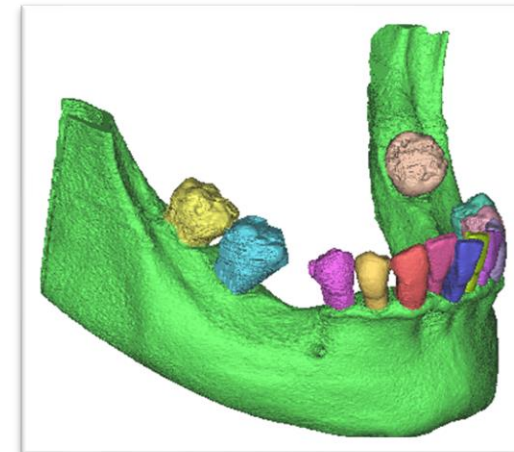
Para el preprocesamiento se realiza un modelado de las estructuras anatómicas utilizando la información de la tomografía en formato DICOM.



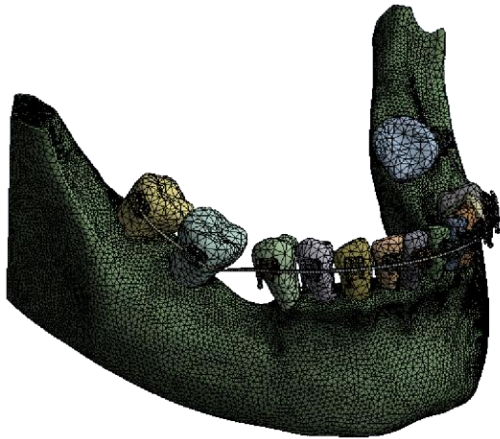
Se definen los contornos de las estructuras de interés, como el hueso cortical, el hueso trabecular, las piezas dentales y el ligamento periodontal. Accesorios: brackets y arcos.



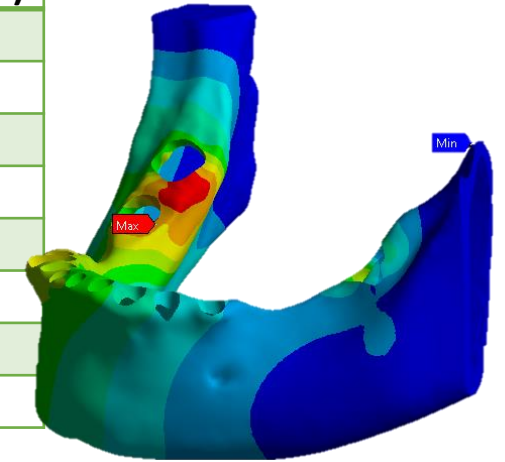
Se colocan todas las estructuras y accesorios en sus posiciones reales. La geometría se importa al programa ANSYS Workbench, donde se asignan los materiales a cada elemento del conjunto.



PROCEDIMIENTO



Estructura	Módulo de Young (Pa)	Coefficiente de Poisson (ν)
Diente	20000	0.30
Ligamento periodontal	0.71	0.40
Hueso cortical	13700	0.26
Hueso trabeculado	1370	0.30
TMA	69000	0.30
Cobre niquel – titanio	70000 – 90000	0,3 – 0,35
Niti termoactivado	50000 – 70000	0,25 – 0,3
Niti natural	50000 – 70000	0,3 – 0,35

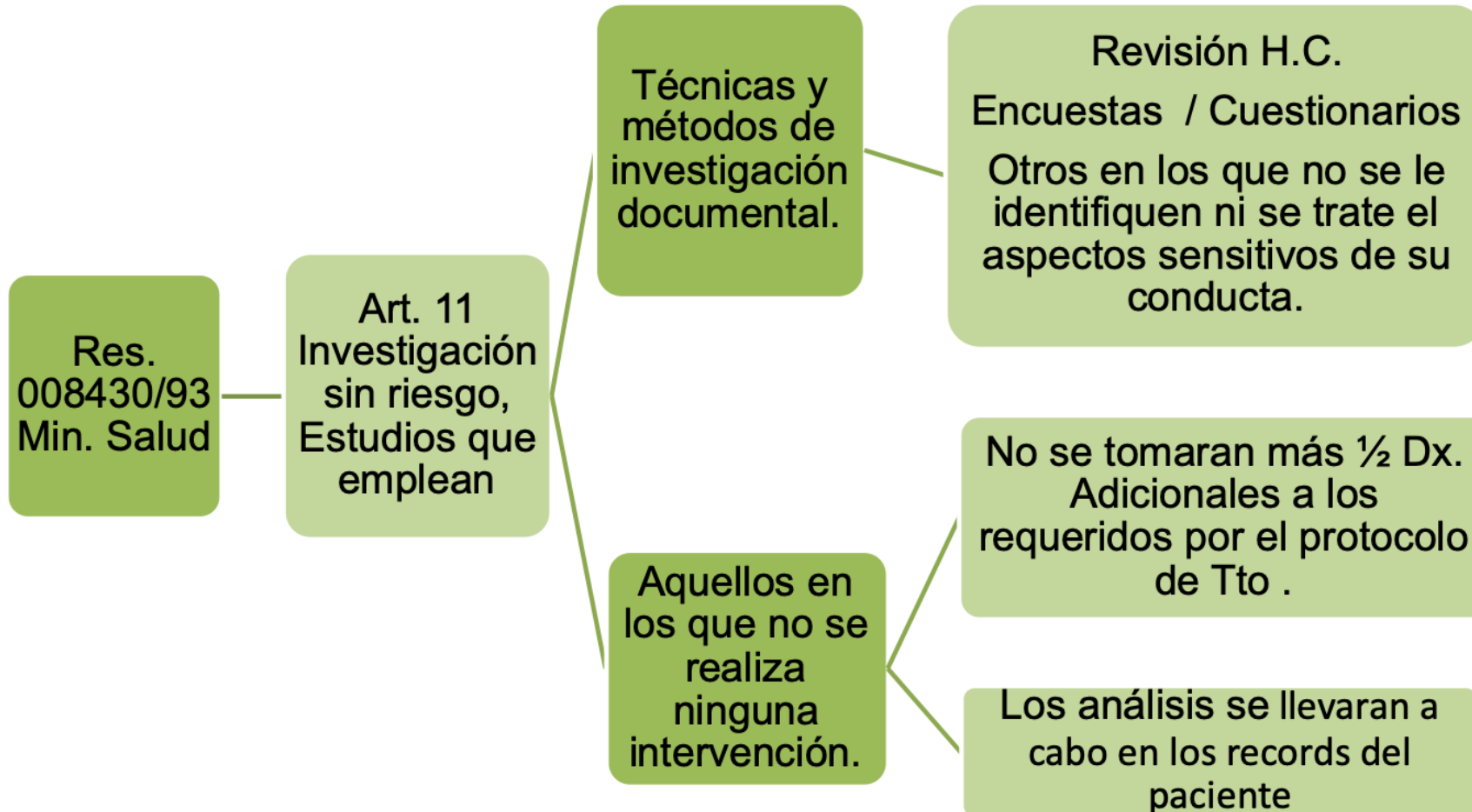


Se definen las propiedades mecánicas de los materiales y se realiza el **enmallado**. Se establecen las condiciones de apoyo del conjunto y se especifican las cargas aplicadas, incluyendo su magnitud, dirección y sentido.

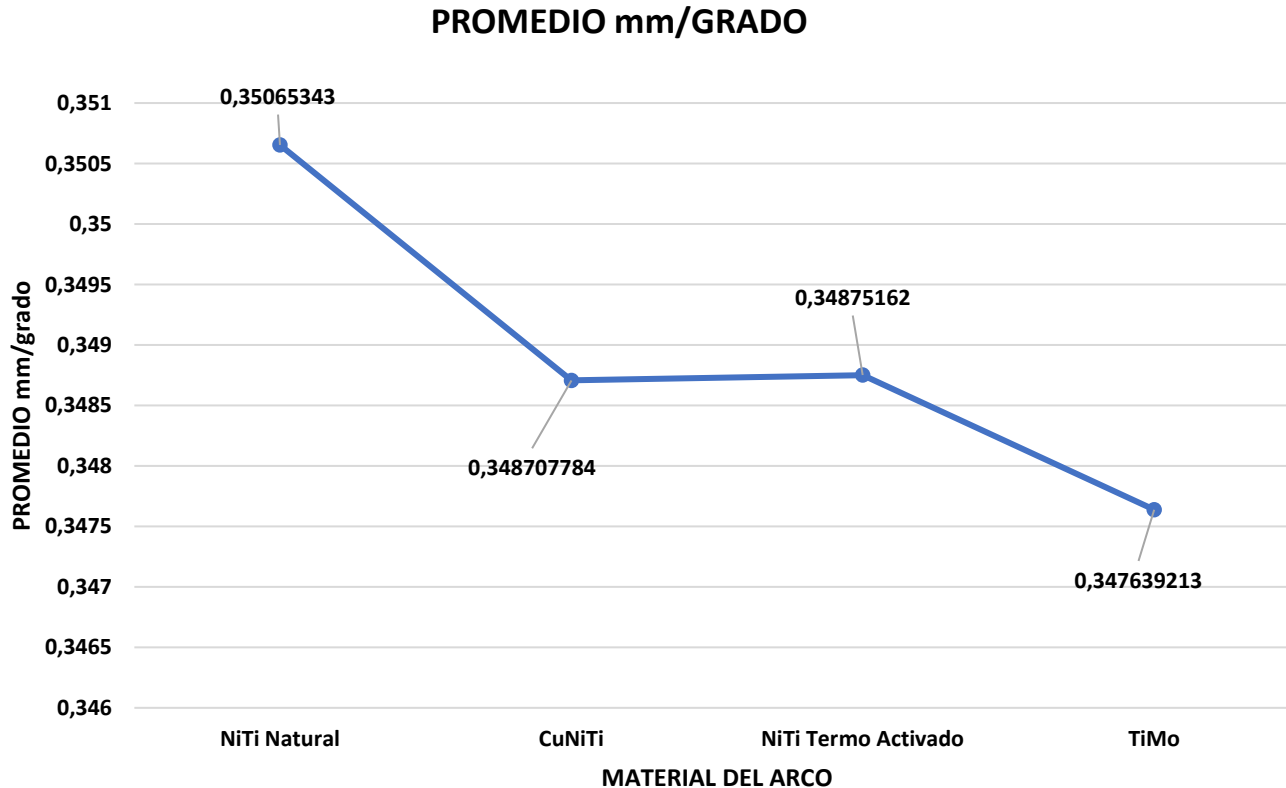
Solución: Se determina qué resultados se obtendrán en la simulación. El programa ANSYS realiza el cálculo numérico necesario para obtener los resultados requeridos.

Post procesamiento: Se procesan y visualizan los resultados obtenidos en la simulación, los cuales servirán como base para el estudio propuesto.

CONSIDERACIONES ÉTICAS



RESULTADOS



Se estableció que, el promedio de 1 grado de verticalización entre las 4 aleaciones utilizadas (NiTi Natural, CuNiTi, NiTi Termoactivado y Timo), resultó en un movimiento en milímetros de **0,34893**.

La aleación de NiTi natural demostró presentar la mayor ganancia de espacio con un promedio de 0,35065 milímetros por cada grado verticalizado. (Gráfico 1)

Gráfico 1. Promedio que correlaciona a cuántos milímetros equivale cada grado de verticalización según la aleación.

RESULTADOS

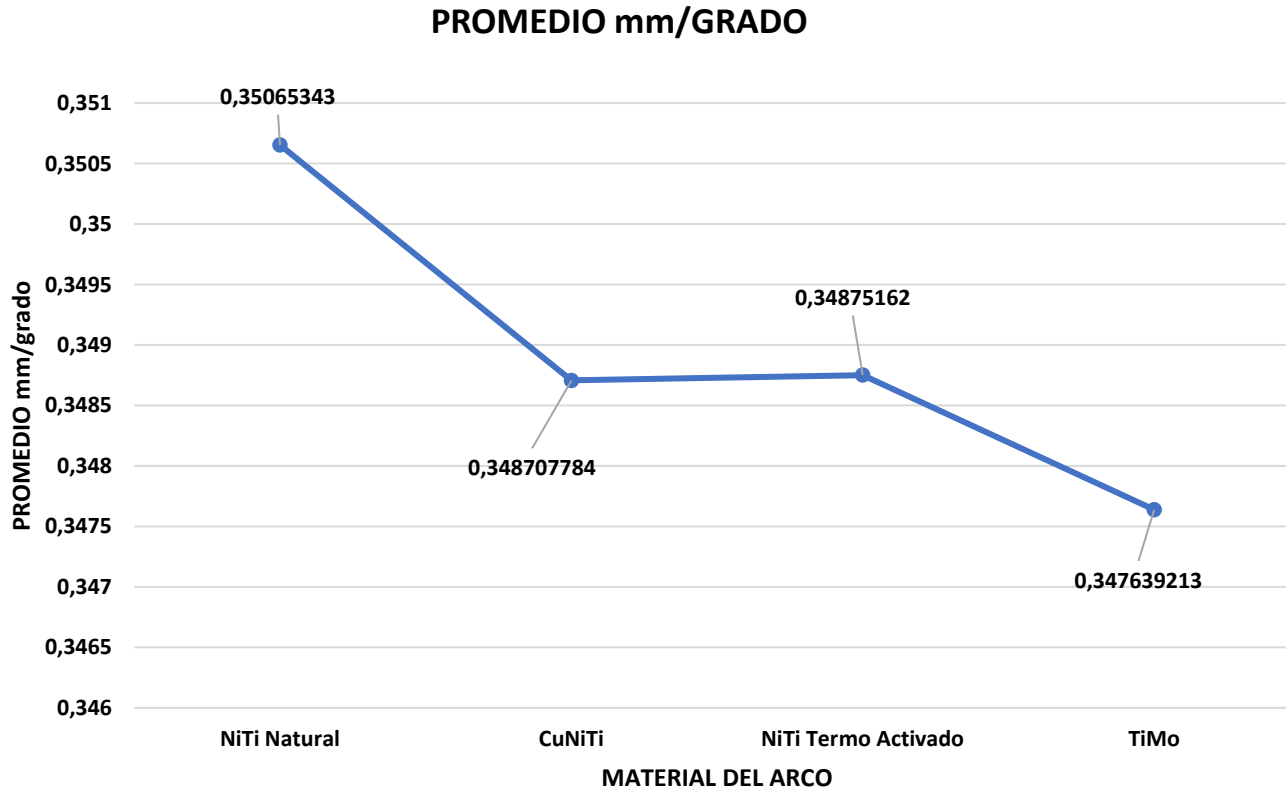


Gráfico 1. Promedio que correlaciona a cuántos milímetros equivale cada grado de verticalización según la aleación.

El diente 47 logró mayores valores de verticalización con 0,38278 milímetros, el cual se dio con el uso de arco NiTi natural.

La aleación que menos logró ganancia de espacio fue el TiMo con un promedio de 0,34763 milímetros por cada grado de verticalización, siendo, el diente 48 con dicha aleación el que presentó la menor verticalización con una ganancia de 0,32512 mm/grado.

RESULTADOS

Al analizar la imagen de verticalización del molar con y sin diente adyacente, se observa que el diente 47 muestra una mayor verticalización 0,38278 mm comparado con el diente 48 y 38 con 0,33178 mm y 0,33737 mm respectivamente.

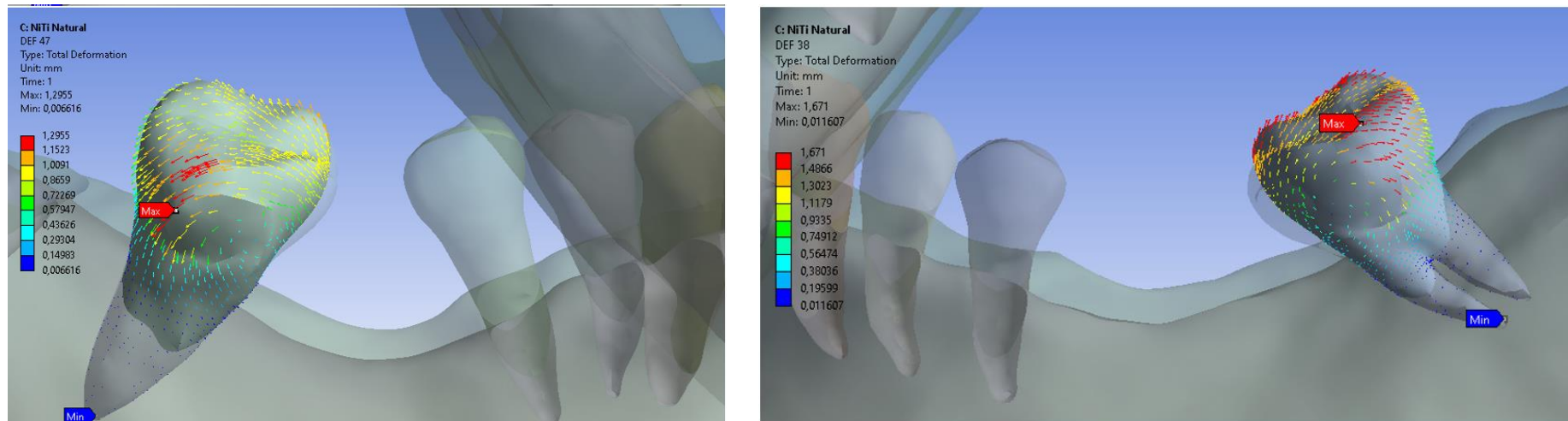


Figura 2. Comparación de tercer y cuarto cuadrante relacionado con la verticalización del molar inferior con y sin diente adyacente.

RESULTADOS

Al evaluar las deformaciones se observaron valores más altos en la zona coronal al verticalizar el molar 38 cuando se utilizó un arco NiTi natural, estas deformaciones alcanzaron un valor de 1,671mm. Mientras en comparación con el diente 48 se presentaron deformaciones mínimas de 0,66133mm con un arco TiMo. (Gráfico 3, figura 2).

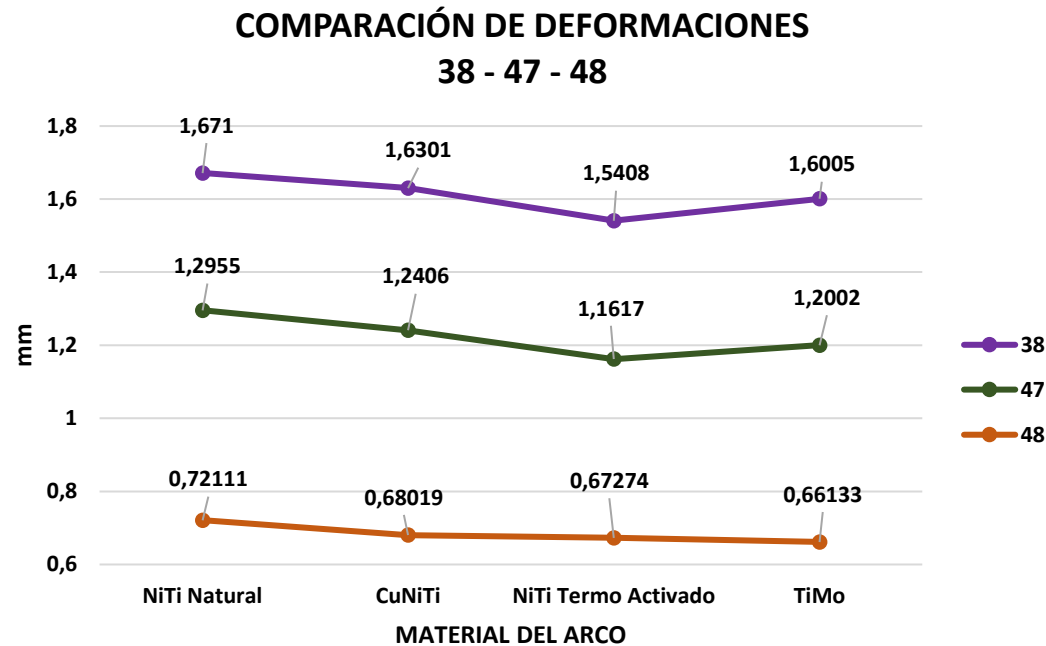


Gráfico 2. Deformaciones de cada molar evaluado y su comportamiento al NiTi Natural, CuNiti, NiTi termoactivado y Timo.

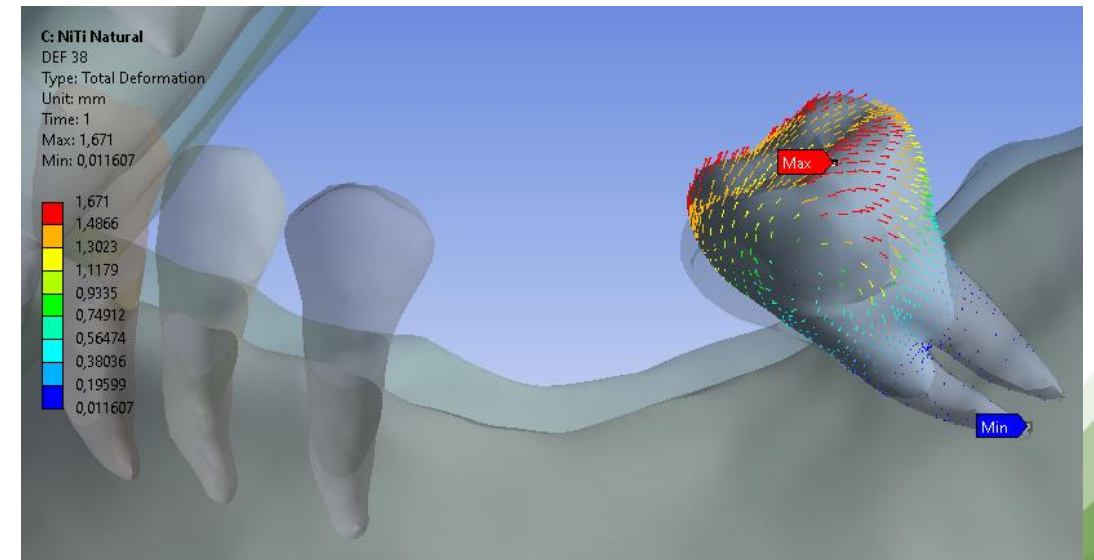


Figura 3. Deformaciones del diente 38 sobre arco NiTi Natural

RESULTADOS

Los resultados revelaron que los esfuerzos generados sobre los molares variaron significativamente según el tipo de arco utilizado y el diente.

El arco de NiTi natural sobre el diente 47 generó las tensiones más altas en comparación con los otros arcos, siendo de 5,9207 Pa.

El arco de titanio molibdeno exhibió tensiones relativamente bajas siendo menores en el diente 48 con 1,8171 Pa (Gráfico 4).

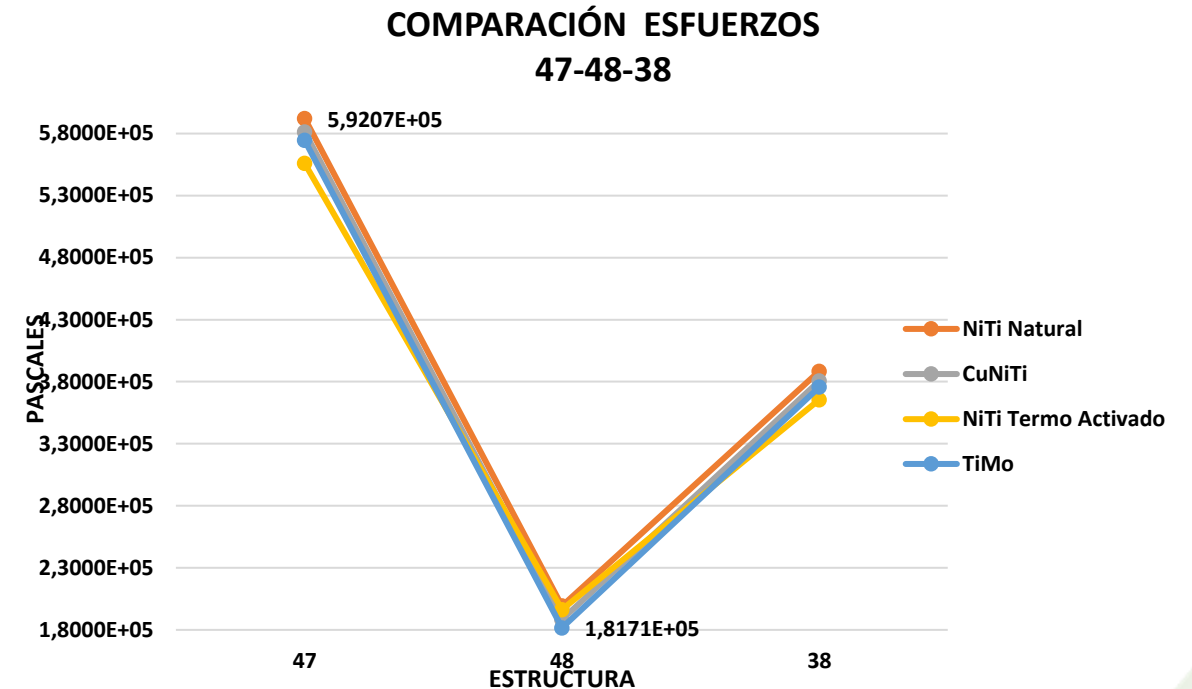


Gráfico 4. Comparación de los esfuerzos del arco NiTi Natural, CuNiTi, NiTi Termoactivado y TiMo

RESULTADOS

Además, se identificaron diferencias en los patrones de deformación según el tipo de arco ortodóntico utilizado.

El arco de NiTi natural generó mayores deformaciones con un valor de 8,23 mm en la zona coronal del diente 47.

En comparación, el arco de TiMo presento menor deformación con un valor de 2,32 mm sobre el diente 48. (Figura 3).

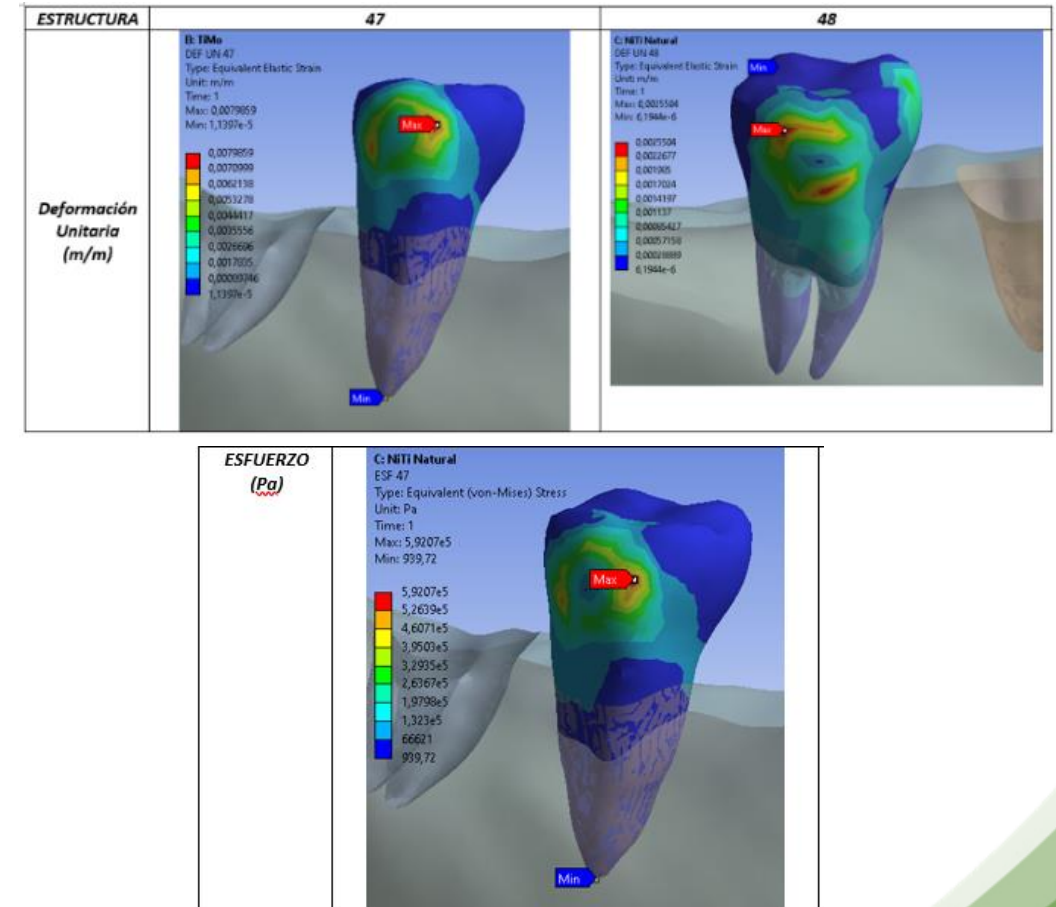


Figura 4. Deformación unitaria dental utilizando arcos CuNiTi, TiMo, NiTi Termoactivado y NiTi Natural.

RESULTADOS

Se observó que las áreas con la mayor deformación se localizaron en el hueso trabecular asociado a la aleación de NiTi Natural con un valor de 0,0179 mm siendo esta la que mostro mayor deformación en el área.

La aleación que generó menor deformación en el hueso trabecular fue el TiMo con un valor de 0,0716 mm (Grafico 4, figura 5).

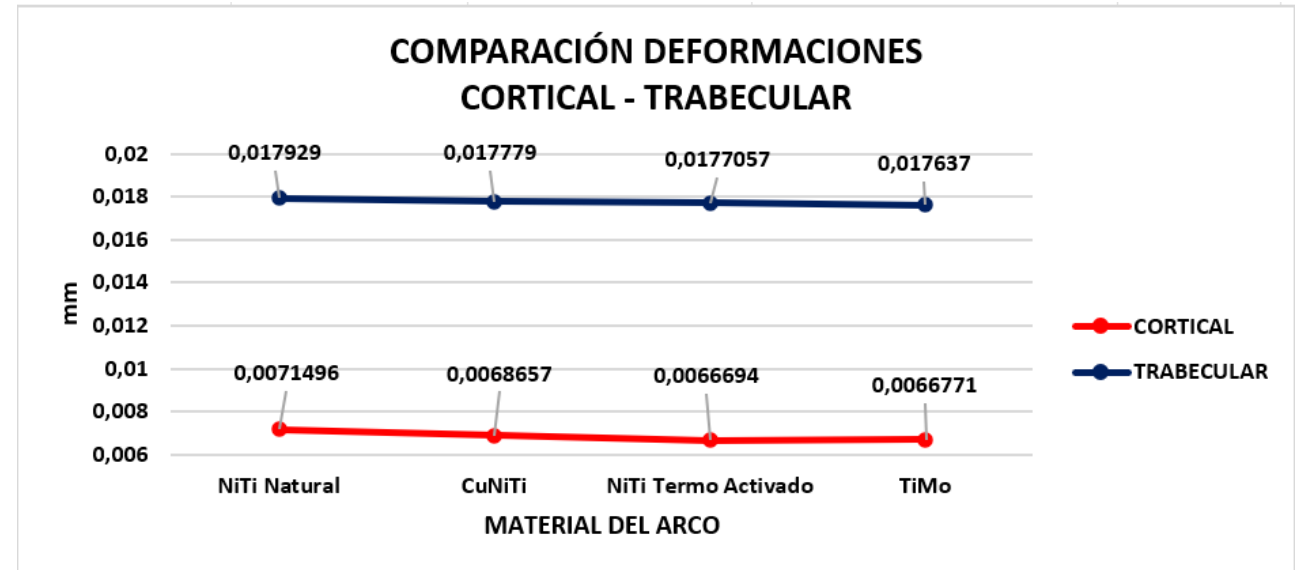


Gráfico 5. Deformaciones del hueso cortical - trabecular y su comportamiento al NiTi Natural, CuNiti, NiTi termoactivado y TiMo.

RESULTADOS

Al comparar la deformación entre el hueso trabecular y el hueso cortical se observó en el hueso cortical una menor deformación durante el proceso de verticalización de los molares inferiores, presentándose una menor deformación con la aleación de NiTi termoactivado con un valor de 0,0066 mm y la aleación NiTi natural mostro ser la que mayor deformación tuvo con un valor de 0,0071 mm (Grafico 4).

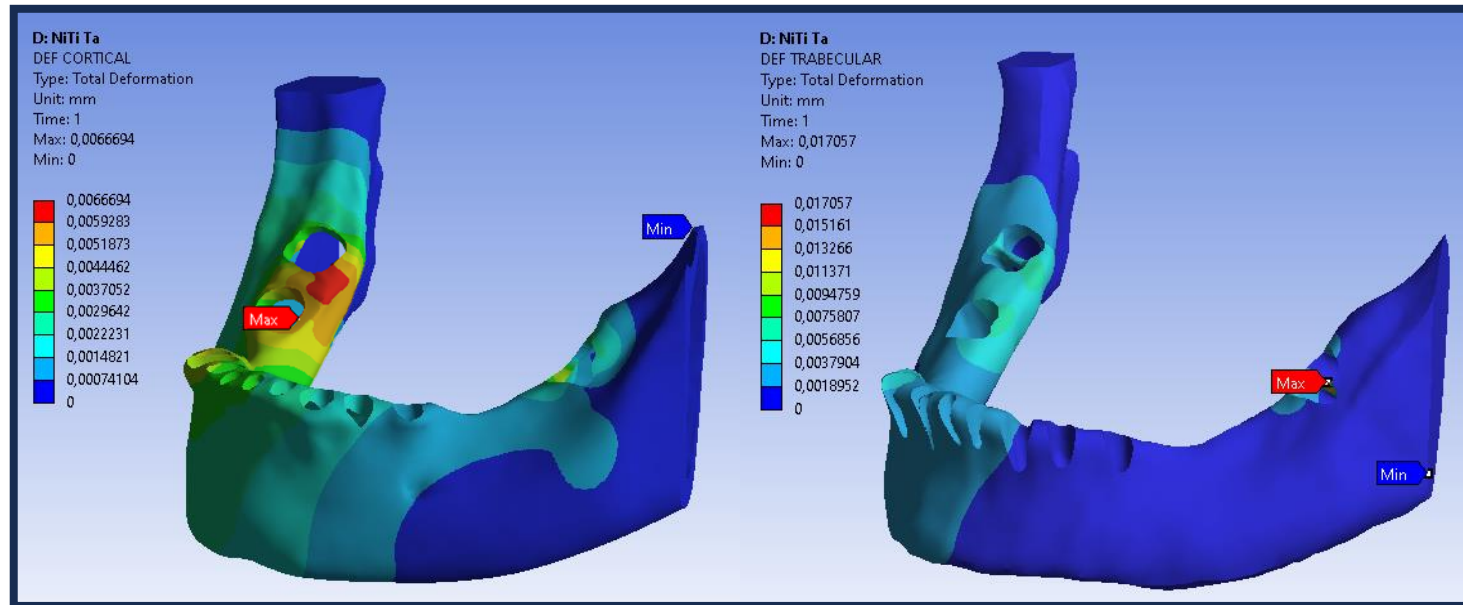


Figura 5. Deformación de hueso cortical y trabecular con aleación de NiTi termoactivado.

DISCUSIÓN

En la práctica clínica no se tiene claridad respecto a la cantidad de espacio que se logra ganar en milímetros al verticalizar un molar con fines preprotésicos.

Se llevó a cabo este estudio utilizando análisis de elementos finitos.

Según Lagravere, justifica el uso de elementos finitos como una herramienta exitosa.

La aleación NiTi Natural genera mejor verticalización del molar con respecto a las otras.

Se logró determinar que un grado de inclinación equivale a una ganancia de espacio de 0,38 milímetros.

A través de una ecuación basada en una tabla de conversión.

ORIGINAL ARTICLE E-ONLY

AJO-DO

Torqued and conventional cantilever for uprighting mesially impacted molars: A 3-dimensional finite element analysis

Sérgio Estelita Barros,^a Juliana Faria,^a Katherine Jaramillo Cevallos,^a Kelly Chiqueto,^a Leonardo Machado,^b and Pedro Noritomi^b

Porto Alegre, Rio Grande do Sul, and Campinas, São Paulo, Brazil

El acero inoxidable mostro mayor verticalización

CASE REPORT

Molar Uprighting: A Considerable and Safe Decision to Avoid Prosthetic Treatment

Taisa Boamorte Raveli^{1*}, Dirceu Barnabé Raveli¹, Kelei Cristina de Mathias Almeida² and Ary dos Santos Pinto²

Taisa Ravelli en 2017, reportó ganancia de espacio de 4mm posterior a la verticalización.

En el presente estudio la verticalización del diente 47 y diente adyacente tuvo una ganancia de espacio de **3,37 grados → 1,29 mm.**

CASE REPORT

Titanium screw anchorage for protraction of mandibular second molars into first molar extraction sites

K. Nagaraj,^a Madhur Upadhyay,^b and Sumit Yadav^c
Belgaum, India, Farmington, Conn, and Indianapolis, Ind

Nagaraj en 2008 los molares inferiores son más difíciles de mover.

En la presente investigación, se comparó el hueso trabecular y el hueso cortical, obteniendo que el cortical es más compacto y denso.

DISCUSIÓN

Magkavali-Trikka et al. *Progress in Orthodontics* (2018) 19:1
DOI 10.1186/s40510-017-0200-2

Progress in Orthodontics

REVIEW

Open Access

Mandibular molar uprighting using
orthodontic miniscrew implants: a
systematic review



Panagiota Magkavali-Trikka¹, Georgios Emmanouilidis² and Moschos A. Papadopoulos^{2*}

Magkavali- Trikka en 2018 describió la verticalización de un molar con cantiliever anclado a un mini implante.



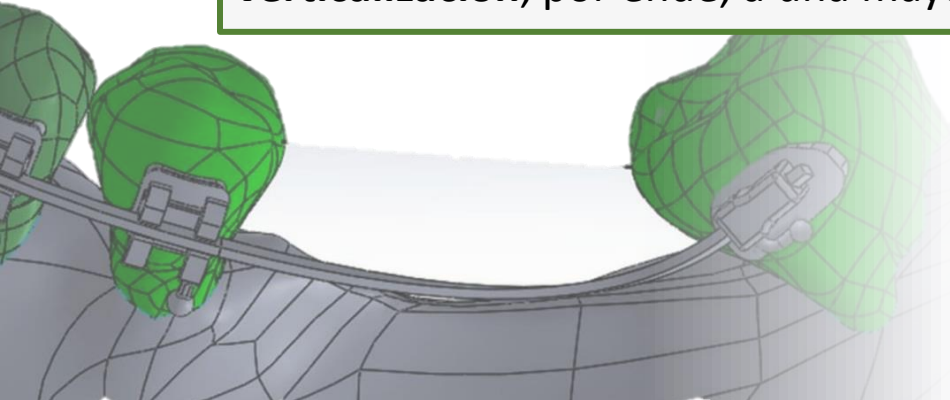
En el presente estudio se utilizó un arco continuo directo al tubo de 47.
Se obtuvo un resultado de verticalización con NiTi Natural.

CONCLUSIONES

Se determinó que utilizando un arco NiTi natural, CuNiTi, NiTi termoactivado y Timo, **un grado de verticalización equivale en promedio a 0,34893 milímetros de ganancia de espacio** en un molar inferior.

Se encontró que **no existen diferencias significativas entre las aleaciones estudiadas** (TiMo, CuNiTi, NiTi termoactivado y NiTi natural) en términos de su eficacia en la verticalización y la ganancia de espacio por sí mismas, sin requerir dispositivos auxiliares adicionales. Sin embargo, es importante destacar que la aleación de **NiTi Natural demostró un comportamiento ligeramente superior en este estudio.**

El enderezamiento de un molar inferior **con diente adyacente y arco continuo presento a una mejor verticalización**, por ende, a una mayor ganancia de espacio.



RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones que incluyan **análisis dinámicos** de elementos finitos para determinar la velocidad del movimiento dental, permitiendo una representación más precisa de la realidad clínica.

Evaluar a largo plazo la **estabilidad de los resultados** de la verticalización y la ganancia de espacio después de finalizado el tratamiento.

Comparar diferentes **métodos de verticalización** molar, para determinar las ventajas y desventajas de cada enfoque en términos de eficacia y comodidad para el paciente.

Evaluar los efectos de **acción y reacción en los dientes de anclaje** anteriores que soportan las cargas generadas durante la verticalización de molares.



GRACIAS