COMPARACIÓN DE CEMENTACIÓN DE BRACKET MEDIANTE MEF SEGÚN VARIACIONES DE TAMAÑO RADICULAR Y ALTURA ÓSEA

ANDREA CATALINA ESPINOSA MOLINA
SINDY LORENA ZAMORA GUERRERO
MAYRA ALEJANDRA RAMIREZ RODRIGUEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC
COLEGIO ODONTOLÓGICO
POSGRADO ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR
BOGOTA D.C
2017

INTRODUCCIÓN

Durante el tratamiento de ortodoncia se realizan diversos movimientos que permiten alinear los dientes y nivelarlos, pero también en ocasiones se requiere realizar movimientos en cuerpo con el fin de cerrar espacios tras extracciones realizadas, agenesias o por pérdidas dentales tempranas. Este tipo de movimiento dental se genera gracias a la aplicación de fuerzas que idealmente deben acercarse al centro de resistencia (CR) del diente con el fin de conseguir un movimiento de traslación más “puro”. Pero se debe tener en cuenta que una cosa es realizar un movimiento sobre un cuerpo libre y otra realizar movimientos sobre dientes que están restringidos por sus tejidos periodontales, los cuales van a limitar su capacidad de movimiento. Es por esto que dicho centro de resistencia estará condicionado y variará según modificaciones en altura ósea y longitud radicular que presenten los dientes que se desean trasladar.[1,2.]

Por otro lado al momento de iniciar los tratamientos de ortodoncia resulta clave la correcta cementación de los brackets ya que esto influye directamente en el movimiento dental que se desea, entre las posibles ubicaciones para la cementación se tiene: el realizarla en centro de corona anatómica o en centro de corona clínica; dicha cementación en la actualidad se realiza independiente de características específicas del paciente como raíces con longitud disminuida o altura de hueso alveolar disminuido.[3]

Debido a la posibilidad de presentar en la consulta ortodóntica pacientes con longitudes radiculares disminuidas debidas entre otras a hábitos como bruxismo,

succión digital, empuje lingual, o condiciones genéticas específicas, y sumado a variaciones en altura ósea alveolar, actualmente existe la necesidad de conocer la acción de los sistemas, entre esto la distribución de esfuerzos y deformaciones a nivel dental al realizar variación en la cementación de la aparatología ortodóntica para así realizar la planificación de los movimientos dentarios entendiendo la fuerza que se debe emplear, y el mejor punto para la aplicación de la misma, [2,6.]

Teniendo en cuenta que, la cavidad oral es un complejo sistema biomecánico con acceso limitado, la mayoría de las investigaciones biomecánicas del entorno oral se han realizado in vitro, tales como: rehabilitación, implantología, endodoncia, entre otras; sin embargo, progresivamente la ortodoncia está cambiando de una práctica basada en la opinión a una práctica basada en la evidencia, debido a que se requiere de una justificación científica para cualquier tratamiento y la respuesta tisular a ella. [4,5,9]

El método de elementos finitos ha incrementado su uso en el área de ortodoncia debido a que ayuda a comprender la biomecánica del movimiento dental. Con respecto a esto, se resalta la posibilidad de analizar áreas de distribución de estrés en el ligamento periodontal y el hueso alveolar durante los movimientos dentales, dirección del desplazamiento del diente, posición ideal de los aparatos ortodónticos durante una mecánica específica con la ventaja de ser preciso, no invasivo, controlar las variables del estudio y proporcionar datos cuantitativos sobre las estructuras internas del complejo nasomaxilar, como el ligamento periodontal.[4,7,8]

El objetivo de este estudio es comparar dos alturas de cementación de un bracket en la corona dental teniendo en cuenta variaciones en tamaño radicular y altura ósea mediante análisis de elementos finitos.

1. ASPECTOS TEÓRICO CIENTÍFICOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En ortodoncia el punto de aplicación de la fuerza será a través de los brackets que pueden ir cementados en las caras vestibulares o linguales de las coronas cuya ubicación resulta clave para obtener los resultados que se desean y por ende permitirá evitar movimientos no planeados, tales como inclinaciones no esperadas.[1, 3, 6]

Con respecto a la cementación de los brackets en ortodoncia, son diversos los conceptos y sugerencias sobre cómo hacerlo correctamente. Sin embargo, existen muchas variables que de una forma u otra pueden influenciar dicha cementación y los resultados, tales como son longitud radicular y altura ósea en cada paciente.[5, 6,8]

El ortodoncista debe conocer la biomecánica de los movimientos dentales, las técnicas de cementación de los brackets y los efectos producidos ante las diversas variaciones que proponen diferentes autores, para así poder diseñar tratamientos que generen resultados precisos tanto estéticos como funcionales, reduciendo efectos indeseables que requieran prolongación de los procedimientos de ortodoncia o consecuencias irreversibles a nivel dental y/o periodontal. [3]

Entre las variaciones en cementación de brackets algunos autores proponen, por ejemplo, realizarlo con base a corona clínica y otros a partir de la corona anatómica; Sin embargo, al estudiar las propuestas de las diferentes técnicas no se encuentra claramente que estas involucren el mayor número de variables para obtener un mejor cementado. Por lo cual se hace necesario confirmar autores, técnicas, formulas y sugerencias de cementación con el fin de correlacionarlo con diferentes longitudes radiculares y determinadas variaciones anatómicas como altura de hueso alveolar, que impliquen modificación en la correcta ubicación del centro de resistencia dental y así establecer cuál es la mejor ubicación para la cementación de un bracket cuando se va a realizar un movimiento de traslación, en cuerpo, o más "puro".[3, 6, 8]

¿Cuál es la mejor ubicación de un bracket para su cementación en la corona dental según variaciones de tamaño radicular y altura ósea?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La biomecánica en ortodoncia es importante, al igual que realizar una correcta cementación con el fin de lograr los objetivos propuestos, pero además se debe tener en cuenta condiciones específicas del paciente tales como longitud radicular y alteraciones en altura ósea, con el fin de determinar cantidad de fuerza, o si esto implica modificar la cementación de los brackets, ya que al tener variaciones

morfológicas se puede tener modificaciones en el centro de resistencia del diente, que va a ser importante al momento de realizar movimientos de traslación.[6,8, 10]

De acuerdo a una fuerza que pase teóricamente por el centro de resistencia de un determinado diente, se provocará un movimiento en cuerpo del mismo, a su vez dichos movimientos dentales están íntimamente relacionados a las estructuras periodontales, las cuales restringen su capacidad de movimiento. Es decir, dependiendo de las características propias de tipo anatómicas e histofisiopatológicas del diente y de las estructuras de soporte, la localización del centro de resistencia va a variar significativamente. [5, 11,12]

La literatura reporta diversas técnicas de ortodoncia, dentro de las cuales existen diferentes formas de ubicación para la cementación de los brackets, entre estas se encuentra que autores como Angle creador de la técnica estándar, Andrews creador de la técnica de arco recto, Mclaughlin, Bennett y Trevisi creadores de la técnica MBT, Damon y por último Alexander quienes cementan los brackets en el centro de la corona clínica. Por otro lado, Roth propone la cementación de bracket a nivel del centro de la corona anatómica. Finalmente, la técnica de Ricketts, recomienda el uso de los rebordes marginales como guía para el posicionamiento vertical de los brackets y bandas.[3]

Teniendo en cuenta dichos conceptos, se encuentra que ningún autor involucra en sus indicaciones de cementación el 100% de las variables que afectarían el correcto centro de resistencia.

Es por esto que resulta de gran importancia, encontrar el punto más adecuado para la cementación de los brackets, teniendo en cuenta variables anatómicas, tanto dentales como de estructuras de soporte, con el fin de minimizar los movimientos dentales indeseados y así tener una menor afectación tanto a nivel del diente como de las estructuras periodontales.

1.3 PROPÓSITO

El propósito de esta investigación será comparar a través del modelamiento matemático, dos alturas de cementación de un bracket en dientes con variaciones de altura ósea y longitud radicular; con lo cual se busca analizar los esfuerzos y deformaciones de dicha estructura dental.

Esta información será importante para buscar la mejor ubicación para la cementación de un bracket en un diente con variaciones en su relación corono radicular y así minimizar las prolongaciones en los tratamientos de ortodoncia causadas por mala cementación de brackets que pueden traer como consecuencia reabsorciones radiculares minimizando complicaciones durante el tratamiento y así establecer una guía para los ortodoncistas.

1.4. MARCO TEORICO

1.4.1 BIOMECANICA DEL MOVIMIENTO DENTAL

La Biomecánica es una de las ciencias, mediante la cual seda una explicación física y mecánica a los movimientos que se realizan sobre las estructuras de los seres vivos. Comprende cuatro áreas esenciales: 1. El estudio de los sistemas de fuerzas que permiten el control del movimiento dentario.2. El análisis de los sistemas de fuerzas producidos por aparatos ortodóncicos.3. El comportamiento de los materiales utilizados en los aparatos ortodóncicos, de manera especial aquella que son capaces de almacenar y liberar fuerzas, pero también aquellos materiales que las reciben, distribuyen y las modifican.4. La correlación entre los sistemas de fuerzas y los cambios biológicos que se producen en el periodonto y demás estructuras dentarias.[3]

1.4.2 CENTRO DE RESISTENCIA

Dentro de las definiciones más importantes de centro de resistencia, encontramos la de Proffit el cual afirma que es aproximadamente a mitad de camino entre el ápice de la raíz y el borde del hueso alveolar. Otros autores como Nanda lo definen como el punto que se sitúa entre un cuarto y un tercio de la distancia desde la unión amelocementaria (UAC) hasta el ápice radicular. Burstone dice que se encuentra ubicado en 1962, 68% de la longitud de la raíz y que depende de la

longitud de la raíz, altura del hueso alveolar, morfología radicular y numero de raíces.[25]

Otros autores lo definen como el punto donde se concentra la resistencia de un cuerpo a ser desplazado. El centro de resistencia es un punto análogo al centro de gravedad. Es un concepto que se aplica a objetos que pueden estar parcialmente restringidos o que no están libres en el espacio; en el caso de los dientes estos elementos de restricción están representados por los tejidos de soporte (17). Es de gran importancia tener en cuenta la corona clínica y la corona anatómica para determinar dicho centro de resistencia teniendo en cuenta que la corona clínica es la estructura visible fuera del margen gingival al borde incisal, por otro lado la corona anatómica es medida desde la unión amelocemental hasta el borde incisal, de acuerdo a esto y teniendo en cuenta variables anatómicas como lo es el tamaño radicular y altura ósea se debe establecer una posición adecuada para la cementación del bracket generando una impactación del centro de resistencia para generar movimientos de traslación y evitar inclinaciones no deseadas. Así mismo resulta primordial la relación corona raíz la cual se define como la medida de la longitud de diente desde incisal hasta la cresta ósea alveolar en contraposición a la longitud de la raíz, la proporción ideal es de 1:2 o de 2: 3 y el mínimo aceptable es de 1:1 .[28]

Por otro lado resulta de gran importancia recordar que todos los objetos tienen un centro de masa, este es el punto a través del cual debe pasar una fuerza aplicada

para mover un objeto libre en forma lineal, sin rotación alguna, en otras palabras, el centro de masa es “el punto de equilibrio de un objeto”. En la figura 1-1A se ilustra el centro de masa de un cuerpo libre genérico. Un diente dentro de su sistema periodontal de sostén no es un cuerpo libre, pues está restringido por el periodonto. El centro de resistencia es análogo a centro de masa para cuerpos restringidos. El centro de resistencia es el equivalente del “punto de equilibrio” para cuerpos restringidos. Las figuras 1-1B, C, y D, muestran la localización aproximada del centro de resistencia para un solo diente. [25]

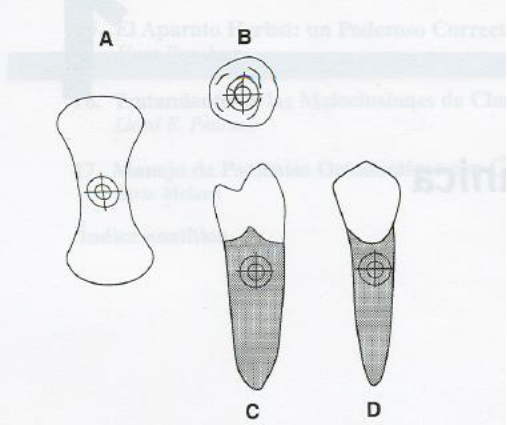
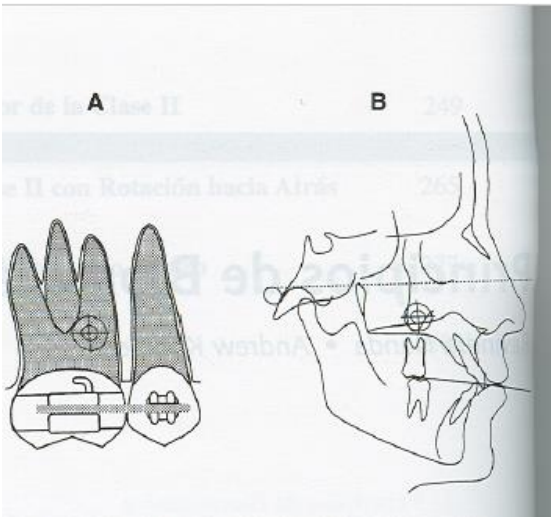


Fig.1-1. El centro de resistencia. A. Centro de masa de un cuerpo libre. B, C y D. Centro de resistencia de un solo diente. B. es la vista frontal, C. es la vista oclusal D. vista mesial.

Nóteses que el centro de resistencia puede ser descrito en cada plano del espacio.



En la figura 1-2, A.se muestra la ubicación aproximada del centro de resistencia para un segmento de dos dientes y B. para un maxilar superior.

El centro de resistencia de un diente depende de la longitud y de la morfología radicular, de la cantidad de raíces y del nivel de soporte por parte del hueso alveolar.la localización exacta del centro de resistencia de un diente no es identificable con facilidad; no obstante, los estudios analíticos determinaron que el centro de resistencia para dientes unirradiculares con nivel normal del hueso alveolar se sitúa entre un cuarto y un tercio de la distancia dede la unión amelocementaria (UAC) hasta el ápice radicular .[18]

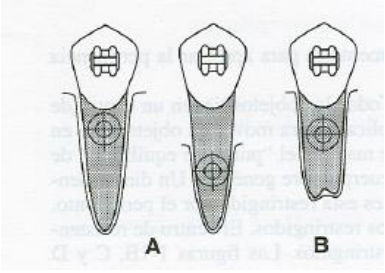


Fig. 1-3 Localización del centro de resistencia depende de la altura del hueso alveolar y de la longitud de la raíz. A. localización del centro de resistencia con pérdida ósea. B. centro de resistencia con un acortamiento radicular.[12]

1.4.3 CENTRO DE ROTACIÓN

El centro de rotación se define como el punto alrededor del cual un diente o un grupo de dientes giran. Las fuerzas pasan excéntricas y no paralelas al Centro de Resistencia y se genera una distancia o un brazo de palanca, desde el punto de aplicación de la fuerza, que son los brackets adheridos, a las superficies vestibulares de los dientes lo que produce un momento de rotación. El centro de rotación depende de la proporción que hay entre el momento y la fuerza (M/F) y el clínico decide en donde ubicarlo para mover la corona o la raíz de un diente o grupo de dientes hacia el sitio que sea necesario .[17]

1.4.4 MAGNITUDES BASICAS DE LA MECANICA

1.4.5 MOMENTO DE UNA FUERZA

Es una fuerza que actúa a distancia. El momento se define como el producto de la fuerza por la distancia perpendicular entre el punto de aplicación de la fuerza y el centro de resistencia, y se mide, por consiguiente, en unidades de g-mm (o equivalentes). Si la línea de acción de una fuerza aplicada no pasa por el centro

de resistencia, se crea necesariamente un momento. La fuerza no sólo tenderá a desplazar el objeto a una nueva posición, sino que tendera también a hacerlo girar alrededor del centro de resistencia. Por supuesto, este efecto es exactamente el que se produce cuando aplicamos una fuerza a la corona de un diente. El diente no solo se desplaza en la dirección de la fuerza, sino que también rota sobre el centro de resistencia; por consiguiente, el diente se inclina al desplazarse.[7]

1.4.6.1 FUERZA PAR, TORQUE O MOMENTO DE ROTACION

Se puede definir como fuerza par, un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad o módulo, pero de sentidos contrarios. Al aplicar un par de fuerzas a un cuerpo se produce una rotación o una torsión. A diferencia de cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, dicho cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. Ahora bien, la propiedad de la fuerza aplicada para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque o momento de la fuerza.[9]

1.4.7 BRACKETS

1.4.7.1 CLASIFICACIÓN DE BRACKETS

Los brackets son dispositivos fijos terapéuticos que utiliza el ortodoncista, los cuales son adheridos de manera temporal a los dientes para corregir anomalías

maxilares y dentarias de posición ya sea; en sentido labio lingual, mesiodistal y gingivooclusal, con lo cual se puede establecer una adecuada armonía oclusal y funcional.[29]

A finales de la década de los 30, la variedad de brackets se ha ampliado para satisfacer las necesidades de las diferentes filosofías de los tratamientos, de las técnicas y de los caprichos personales de los ortodoncistas. La demanda comercial para producir variaciones y sistemas con diferentes especificaciones creció y cambiaron la forma, el diseño y los materiales de fabricación.

Los brackets se pueden clasificar según: su forma de adhesión, tamaño, composición, diseño y técnica. [6]

En 1928, el padre de la ortodoncia, Angle, incorporó inclinaciones, torques, rotaciones y diferentes espesores en la base de los brackets sencillos que él utilizaba con ranuras 0,022 x 0,028, buscando evitar dobleces en los arcos y mejorar las posiciones espaciales de los dientes para obtener una mejor oclusión. Él además de su visión futurista de los aparatos preajustados, también pensó que la mejor posición para las bandas era en donde éstas se acomodaran mejor siempre buscando el “centro de la superficie vestibular del diente”.[14]

En 1950, la técnica de Raymond Begg y la de arco de canto o Edgewise estándar eran las más utilizadas en el mundo de la ortodoncia, ya que hasta este momento, habían logrado los objetivos para los cuales se había diseñado. A finales de 1950, por sugerencia de Ivan Lee, se ofrecieron brackets con ranuras con torque incluido. Robert M. Ricketts adoptó algunos de estos brackets con el torque

sugerido por Jaraback y Holdaway. Ricketts, en 1957, desarrollo los primeros pasos de un sistema de aparatos fijos parcialmente preajustados con base en estudios particulares hechos en cráneos y en sus pacientes. Para finales de los sesenta se desarrolló, completamente, la técnica bioprogresiva con torques totales y aparatos completamente ajustados. Este desarrollo se logró gracias a la ayuda de Bench, Gugino, Hilgers, y Schulhos y se difundió rápidamente por el mundo como la técnica y la filosofía bioprogresiva de Gugino, Bench, y Hilgers y otras muchas técnicas aún disponibles en el mercado.[16]

Después de esta época, algunos ortodoncistas investigadores, poco satisfechos con los resultados y el tiempo de tratamiento, pensaron en mejorar el desempeño de la técnica estándar y de los sistemas preajustados existentes por los otros más simples para tratar de disminuir el tiempo que invertía el clínico en confeccionar los dos arcos de alambre ideales con los dobleces de primero, segundo y tercer orden.

Los aparatos preajustados son aquellos que traen de su estructura un preajustados son aquellos que traen de su estructura un preacondicionamiento en las ranuras, las formas, los tamaños, la manera de fabricarlos y la información específica que entregan a los dientes.[14]

Dentro de este grupo se encuentran los sistemas preajustados de arcos, de elementos auxiliares y los brackets; todos con el único fin de disminuir el tiempo de trabajo en silla del clínico, el tiempo de tratamiento del paciente y mejorar la eficacia y la efectividad en el movimiento de los dientes. Todos los desarrollos tecnológicos y científicos de los aparatos y en sistemas preajustados se han

hecho con base en la física del movimiento dental, para mejorar el comportamiento biológico y mecánico de los brackets y los alambres. Cuando el clínico incorpora una técnica o un sistema mecánico específico a su práctica cotidiana y en algunas ocasiones los resultados no son los mejores y no corresponden a los objetivos planteados al inicio del tratamiento, no es por culpa de la técnica, sino que hay desconocimiento de la selección de los aparatos, ya sea en su forma(cuadrados, romboides y diagonales), en su diseño(número de aletas (una, dos tres, cuatro o seis), tipo de ranura: (vertical, horizontal o dobles), forma de ligado (convencional, auto ligado activo, tamaño(mini, regular o grande), características en la fabricación: (MIM moldeado, metálico por inyección, CAD o diseño ayudado por computador y CAM o fabricación asistida por computador).[13]

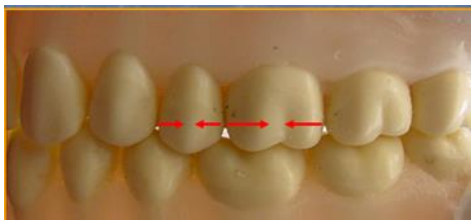
1.4.7.2 CEMENTACIÓN DE BRACKETS SEGÚN CADA AUTOR

CEMENTACION DE BRACKETS SEGÚN RIKETTS

El objetivo en el cementado es obtener alineación de los rebordes marginales mesial y distal. [21]

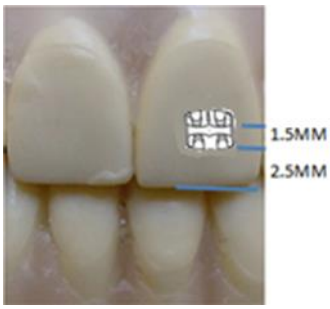


Recomienda el uso de los rebordes marginales como guía para el posicionamiento vertical de los brackets y bandas. La verdadera línea de oclusión de Ricketts pasa por los rebordes marginales.[22]



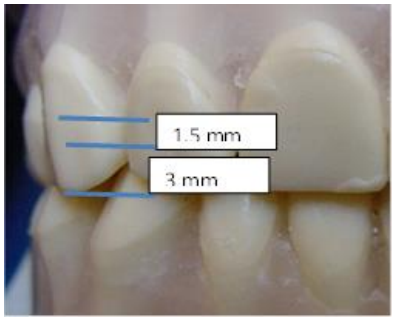
a. **CEMENTACIÓN DE INCISIVOS SUPERIORES E INFERIORES:**

En anteriores el margen inferior de la base es cementado a 2.5 mm del borde incisal.



b. CEMENTACION DE CANINOS SUPERIORES E INFERIORES:

En caninos el margen inferior de la base es cementado a 3 mm de la cúspide

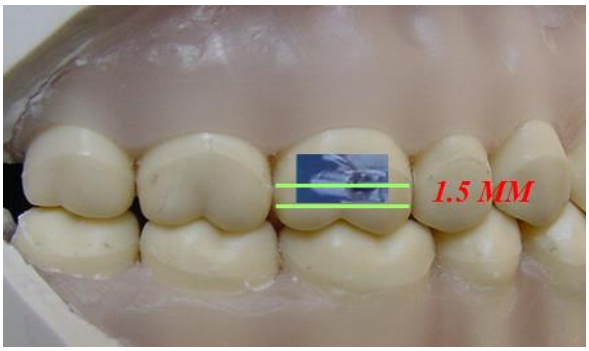


c. CEMENTACION PREMOLARES SUPERIORES E INFERIORES

La cementación va de acuerdo a la discrepancia de rebordes marginales teniendo en cuenta la posición del tubo del molar y el bracket del canino. Los primeros premolares superiores los cementa cerca de 1 mm más mesial al centro de la superficie vestibular, esto lo rotara de 2° – 3° distalmente. Así la línea a través de las cúspides vestibulares y palatinas pasa a través de las cúspides del otro lado posicionando la cúspide palatina en la fosa distal del primer premolar inferior.[17]

d. CEMENTACION DE MOLARES SUPERIORES E INFERIORES

- La entrada del tubo coincide con el eje de cúspide MV.
- La cementación del tubo se hace paralelo al reborde marginal.



CEMENTACION TECNICA DAMON

POSICIÓN DE LOS BRACKETS

La posición para cementar los brackets dentro del Sistema de Damon es crítica para el éxito del tratamiento. Cuando se cementan brackets, se debe tener cuidado de ubicar los bordes mesial y distal de la base sobre el eje longitudinal del diente, en lugar de alinear el cuerpo del bracket sobre este eje. La ranura y el borde incisal de la base se ubican paralelos al plano oclusal. Debe tenerse cuidado al cementar los brackets de los caninos superiores e inferiores sobre la altura del contorno ya que esta tiende a ubicarse hacia el tercio media de la corona clínica. [30]

Las medidas se toman desde el borde incisal del diente hasta el centro de la ranura para el arco.

SUPERIORES	INFERIORES
S-1 4.75 mm	I-1 4.75 mm
S-2 4.50 mm	I-2 4.50 mm
S-3 5.00 mm	I-3 5.00 mm
S-4 4.50 mm	I-4 4.50 mm
S-5 4.25 mm	I-5 4.25 mm

EL BRACKET

Los brackets superiores abren hacia incisal y los inferiores hacia gingival.

1. Las tapas superiores deslizan hacia oclusal; las inferiores hacia gingival. Todas las tapas abren alejándose del doctor, cuando éste se sienta a las 12m, según las manecillas del reloj.

2. Se debe usar la presión más ligera posible al abrir las tapas del D2 (de 1 a 4 gramos), con las puntas de la pinza en un ángulo de 60°. NUNCA “enrolle” la pinza, puede tumbar el bracket (aumentan las fallas de adhesión).

3. Si usted cree que necesita hacer más presión para abrir la tapa de los D2, probablemente se han desgastado los dientes de la pinza y necesita reemplazarla.

4. Para abrir los brackets D3 y Damon 3MX, encuentre el botón de la tapa en la superficie facial del diente, inserte la punta del instrumento de apertura Damon 3, presione muy suavemente y tire hacia abajo. La tapa abre fácilmente. Se cierra con la yema de los dedos.

5. Si requiere hacer más presión en los D3 o D3MX, con el fin de abrirlos, probablemente no está insertando totalmente la punta del instrumento en el botón de seguridad (perpendicular a la tapa).

6. Nunca utilice algo diferente al instrumento de apertura de damon para abrir los brackets damon 3 y mx. Curetas, los exploradores, etc., dañan el resorte interno del aparato. [30]

CEMENTACIÓN/COLOCACIÓN DE BRACKETS/REPOSICIONAMIENTO:

1. Para cementar los brackets D2, alinee todas las referencias horizontales del bracket (ranura y base) con el borde incisal. Alinee todas las referencias verticales del bracket (lados mesial y distal y la línea vertical grabada) con el eje axial de la corona. Comience con los posteriores y ubíquelos a la altura de las crestas marginales.[30]

Los brackets adyacentes se ubican relativos a los brackets posteriores. Los caninos deben cementarse ligeramente hacia mesial (de la altura del contorno). La ubicación de los brackets es fundamental para lograr paralelismo radicular y para terminar rápidamente el tratamiento.[30]

2. Para cementar los D3 y MX, alinee todas las referencias horizontales del bracket (ranura, base de las aletas y base del bracket) con el borde incisal. Alinee todas las referencias verticales del bracket con el eje longitudinal de la corona.
Los caninos deben cementarse ligeramente hacia mesial (de la altura del contorno). La ubicación de los brackets es fundamental para lograr paralelismo radicular y para terminar rápidamente el tratamiento.[30]
3. Si es posible, cemente los 6´s y 7´s superiores e inferiores en la cita de cementación inicial. El segundo molar debe incorporarse eventualmente a un arco de Cobre rectangular; esto es lo que finalmente completa la formación del arco y la nivelación.[30]

5. No utilice un plano de mordida para desarticular las mordidas profundas; esto restringe severamente la adaptación transversal de los arcos. Utilice Bite Turbos o topes de resina en la superficie oclusal de los molares y bicúspides con el fin de desarticular al paciente.[30]

6. Se debe de utilizar la pinza de cementación de Damon cuando se van a reposicionar/retirar los brackets D2 y MX.[30]

7. Cuando los bicúspides están rotados, cemente el bracket más hacia mesial y use una cadena por debajo del arco hasta el gancho del molar (funciona rápidamente).[30]

8. Se deben ubicar los brackets con mucha precisión y DÉJELOS QUIETOS. Si se mueven mucho se rompen las clavijas de unión que se forman con la luz ambiental, aumentando la propensión de las fallas de adhesión.[30]

9. Se debe asegurar que el arco asiente totalmente en las ranuras antes de cerrar las tapas. [30]

De lo contrario se dificultará el cierre e inclusive pueden fallar las tapas debido a la presión. Si no puede cementar un bracket de damon en un diente totalmente bloqueado fuera del arco, utilice un ojal de cementación directa o ½ bracket.[29]

CEMENTADO TECNICA MBT

Los brackets Clarity™ pueden cementarse con el mismo adhesivo que los brackets metálicos. Puede utilizar adhesivos auto o fotopolimerizables, o puede utilizar el sistema de adhesivo pre-incorporado APC™ PLUS con el que conseguirá una eficiencia y fiabilidad óptimas.[29]

TECNICA PARA LA COLOCACION DE BANDAS Y BRACKETS MBT™

El uso de sistemas de fotocurado para la adhesión de brackets y cementación de bandas es de gran ayuda. Los sistemas de fotocurado evitan el tiempo que el ortodoncista pierde presionando los brackets, cuando los coloca. Los materiales de adhesión deben ser usados exactamente según las recomendaciones del fabricante, con una lámpara de buena calidad. Esto reduce fracasos. Errores pueden ser introducidos cuando se reemplazan los brackets perdidos El agente adhesivo debe ser de una consistencia tal que prevenga que los brackets se deslicen durante su colocación.[24]

La colocación de bandas y brackets debe ser realizada siempre por el ortodoncista ya que es uno de los aspectos importantes del tratamiento, luego de la realización de un correcto diagnóstico. Por lo tanto la colocación de bandas y brackets no debe ser delegada.[18]

Es de gran ayuda evitar ver a los dientes solo de un lado, o solo de arriba o solo de abajo. Se requiere que el paciente incline la cabeza hacia un lado u otro, y el ortodoncista cambie su posición de tiempo en tiempo.[19]

CEMENTACION TECNICA ROTH

En la técnica Roth se usa el centro de la ***Corona Anatómica,*** que es la parte del diente que va desde la línea amelocementaria hasta el borde incisal de los dientes anteriores o los vértices cuspídeos de los caninos, premolares y molares; este concepto es aplicable a dientes y periodonto sanos y completamente erupcionados; ésta se localiza 1 mm más apical de la corona clínica.[31]

La ***Corona Clínica*** es la parte de la corona del diente que es visible clínicamente, o sea la que va desde el margen gingival hasta el borde incisal de los dientes anteriores, los vértices cuspídeos en los caninos, premolares y molares. De igual forma este concepto es aplicable a dientes y periodontos sanos y completamente erupcionados.*[21]*

Según Orban la longitud de la corona clínica es 1.8mm menos que la longitud de la corona anatómica.[21]

Como la corona clínica varía mucho, especialmente en jóvenes, el Dr. Roth prefiere describir la colocación del bracket basándose en el largo de la corona anatómica.[33]

EL PUNTO DEL EJE FACIAL

Para los propósitos de Roth en la colocación de brackets, el punto del eje facial es el punto medio oclusal o inciso-gingival de la corona anatómica. El EF puede ser mostrado en el diente utilizando el lado del lápiz para enfatizar la principal cresta o la extensión del surco vestibular.[33]

La prescripción del Dr. Roth tiene una verticalización y una inclinación distal de los premolares y molares; por esta razón, durante el tratamiento, la altura de la cresta marginal de un diente a otro no será la misma.[27]

Los brackets deben colocarse en la mitad de las coronas anatómicas, ocluso gingival e inciso gingival con la excepción de los incisivos laterales superiores y los seis incisivos anteriores inferiores. [29]

En los molares, la fosa vestibular es el centro vertical de la corona; en los premolares, el centro vertical está a la altura vertical del contorno en el eje longitudinal de la corona, y en caninos e incisivos se encuentra verticalmente en la mitad de la corona. [33]

Los brackets de todos los dientes posteriores deben colocarse verticalmente en la mitad de las coronas. Estos deben centrarse en el eje longitudinal de la corona y paralelo a éste. [32]

En los seis dientes inferiores (caninos e incisivos) los brackets deben estar aproximadamente a 1mm incisal del centro vertical de las coronas, en dientes de tamaño promedio. (Si el diente es muy largo, por ejemplo, este debe colocarse a 1.5mm). Esto nos dará una curva de spee, relativamente plana, con los brackets colocados en su lugar, utilizando un arco de alambre plano con un solo doblez. [33]

Los brackets de los caninos e incisivos centrales superiores, deben colocarse en el centro vertical de las coronas, centrados en el eje longitudinal y paralelo a él. Los brackets en los incisivos laterales superiores deben colocarse en el eje longitudinal de la corona y paralelo a éste, pero verticalmente, ya que los incisivos laterales son 0.5mm más cortos que los centrales superiores. El tamaño de los laterales superiores es muy variable en la mayoría de los casos.[31]

Esta colocación de los brackets en los anteriores superiores, permite aproximadamente 3mm de sobremordida vertical con los brackets colocados y se establecerá una sobremordida vertical de 4mm, como se desea después de eliminar la ortodoncia, restituyendo la curva de spee y la posición meso-axial normal de los dientes posteriores. [33]

CEMENTACION DE TUBOS Y MOLARES

- El borde anterior del tubo debe estar ubicado a nivel del centro de la cúspide meso vestibular de cada molar.

- Tubo de 6 y 7 superior: 0° de inclinación.[31]
- Tubo de 6 y 7 inferior: 3° de inclinación, evitando su inclinación mesial (Tatis Diego arco rcto preajustado, vision ortokinetical ame editores, primera edicion 2007 colombia).[16]

CEMENTACION TECNICA ESTANDAR

a. Cementación de bandas con brackets

- Debe tenerse cuidado con la cementación de las bandas de no invadir el espacio biológico gingival.
- Generalmente se utiliza el 1/3 medio de los dientes para la cementación sin embargo existen algunas indicaciones

b. PROTOCOLO SEGÚN STRANG

Fue realizado para determinar en qué parte de la corona del diente se debía cementar correctamente el bracket.

Incisivos centrales superiores	**tercio medio de la corona**

Incisivos centrales y laterales inferiores	tercio medio de la corona
Incisivos laterales superiores	superiores 1/64 pulgadas hacia oclusal desde el 1/3 medio de la corona
Canino s superiores e inferiores	1/32 pulgadas hacia oclusal desde el 1/3 medio de la corona
Premolares y molares superiores	el bracket debe quedar en el centro de la superficie vestibular
Primeros premolares inferiores	1/32 pulgadas hacia gingival hacia oclusal desde el 1/3 medio de la corona

Segundos premolares y molares inferiores	el bracket debe quedar colocado en el centro de la superficie vestibular

TABLA DE COLOCACIÓN DE BANDAS CON BRACKETS PROPUESTA POR DR. GEORGE N. BOONE

Esta tabla facilita la rápida comprobación de la distancia del borde incisal del bracket al borde incisal o superficie oclusal del diente, medida tomada en milímetros con un dentimetro.

Aunque esta medición se realizó a manera estándar para todos los pacientes no se tuvo en cuenta las características morfológicas dentales de cada individuo lo cual pudiese variar la confiabilidad de dicha medición.[25]

DIENTES	MAXILAR SUPERIOR	MAXILAR INFERIOR
Incisivo central	4.5 mm	4 mm
Incisivo lateral	4 mm	4 mm
Canino	5 mm	5 mm
Premolares	4.5 mm	4.5 mm
Molares	4.4 mm	4.5 mm

- Las bandas de anclaje de los tubos deben colocarse de igual manera para que ellas coincidan con la dirección de las ranuras de los brackets

- En caso de requerir tubo y presenta meso versión o disto versión se realizara inicialmente la corrección y enderezamiento para posterior colocación de tubo.

PROTOCOLO DE CEMENTACION Y POSICIÓN DE LOS BRACKETS

La técnica estándar para su cementación tiene en cuenta el centro de la corona clínica la cual es la cantidad de corona visible de un diente erupcionado en su totalidad.

CONSIDERACIONES

- En caso de presentar recesiones o hipertrofias se debe considerar el criterio de Orban, que determina la longitud de la corona clínica es 1.8 mm menos que la longitud de la corona anatómica.
- Dientes con desgastes incisales severos o fracturas tener en cuenta la distancia vertical del diente contralateral.
- Realizar reconstrucciones previas a la cementación.
- Tener muy en cuenta el margen gingival para evitar extrusiones que afecten la parte estética.
- Determinar correctamente la posicion del bracket en sentido meso-distal

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que ninguno de los autores tiene en cuenta el 100% de las variables que afectarían un adecuado movimiento dental ni se tiene en cuenta tamaño radicular ni altura ósea.[2]

1.4.8 ELEMENTOS FINITOS

El método de elementos finitos (MEF) es un recurso de ingeniería aplicado para calcular el estrés y la deformación de estructuras complejas, y ha sido ampliamente utilizado en la investigación ortodóntica, con la ventaja de ser un método no invasivo y preciso que proporciona datos cuantitativos y detallados

sobre las reacciones fisiológicas posibles de ocurrir en los tejidos, la aplicación del MEF puede prever la visualización de estas respuestas tisulares a través de la observación de áreas de estrés creadas a partir de la mecánica ortodóntica aplicada.[32]

Durante la última década, el análisis por elementos finitos (FEA) dejó de considerarse únicamente como una herramienta del analista y pasó al mundo práctico de la ingeniería de diseño. El software de CAD ahora se suministra con funciones de FEA incorporadas y los ingenieros de diseño utilizan el FEA como herramienta de diseño diaria para dar soporte al proceso de diseño de productos.

Sin embargo, hasta hace poco, la mayoría de las aplicaciones de FEA utilizadas por los ingenieros de diseño se limitaban al análisis lineal. Este análisis lineal proporciona una aproximación aceptable de las características reales de la mayoría de los problemas que encuentran los ingenieros de diseño. No obstante, cuando surgen problemas más desafiantes, se requiere un enfoque no lineal, este permite a diseñadores e ingenieros analizar de forma eficaz y rápida las tensiones y deformaciones en condiciones generales mientras crean el diseño con el fin de garantizar niveles óptimos de calidad, rendimiento y seguridad.[9]

El término “rigidez” define la diferencia fundamental entre el análisis lineal y el no lineal. La rigidez es una propiedad de una pieza o ensamblaje que caracteriza la respuesta ante la carga aplicada. Tres factores principales afectan a la rigidez: forma, material y soporte de la pieza. La linealidad o no depende básicamente del análisis realizado, ya que todas las estructuras son no lineales, es decir no se

cumple la ley de Hooke (esfuerzo- deformación), ya que a la aplicación de cargas tiende a crear la degradación de la rigidez de la estructura y al eliminar las cargas el material no recupera completamente su forma original. [11]

En el pasado, los ingenieros eran reticentes al uso del análisis no lineal, debido a la complejidad de la formulación de problemas y al tiempo prolongado de solución. Esto está cambiando, ya que las interfaces de software de FEA no lineal con CAD son mucho más fáciles de utilizar.[20]

Además, los algoritmos de solución mejorados y las potentes computadoras personales han reducido los tiempos de solución. Hace diez años, los ingenieros reconocieron el FEA como una valiosa herramienta de diseño. Ahora empiezan a ser conscientes de los beneficios y de la mayor comprensión que el FEA no lineal aporta al proceso de diseño.[21]

El MEF en odontología se centró recientemente en la simulación de condiciones intraorales realistas tales como la relación tensión-deformación no lineal en los tejidos periodontales y los fenómenos de contacto en los dientes, que difícilmente podrían ser resueltos por el modelo estático lineal. La definición del área de contacto afecta de forma crítica la fiabilidad de los análisis de contacto, especialmente para los complejos implante-pilar. Para predecir el riesgo de fallo de una interfaz de restauración de dientes unidos, es esencial evaluar las tensiones normales y de cizallamiento relativas a la interfaz. La inclusión de la viscoelasticidad y la deformación plástica en el programa para tener en cuenta

la naturaleza dependiente del tiempo, sensible a la temperatura y en gran medida deformable de los materiales dentales mejoraría su aplicación. Se debe alentar el perfeccionamiento de las soluciones MEF no lineales para ampliar la gama de aplicaciones en ciencias de la salud dental y oral.[9]

En el MEF existen 3 fases muy importantes para poder obtener los resultados, entre las cuales se encuentra:

A. Pre-procesamiento:

El primer paso en FEA, pre-procesamiento, es construir un modelo de elementos finitos de la estructura a ser analizada. En muchos paquetes de FEA se requiere de la entrada de una descripción topológica de las características geométricas de la estructura. Ésta puede ser 1D, 2D, o 3D. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real.[3] La manera más sencilla para conseguir similaridad en el análisis es utilizar planos pre existentes, modelos CAD, o datos importados de un ambiente FEA. Una vez se ha creado la geometría, se utiliza un procedimiento para definir y dividir el modelo en "pequeños" elementos. En general, un modelo de elementos finitos está definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos. Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento (análisis estructural). Los paquetes de FEA enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen propiedades localizadas de masa y rigidez. Los elementos también están

definidos por la numeración de la malla, la cual permite referenciar la correspondiente deflexión o esfuerzo (en análisis estructural) para una localización específica.[3]

B. Análisis

En la siguiente etapa en el proceso de análisis de elementos finitos se lleva a cabo una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, y las propiedades de los elementos de donde producir un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como lo son las deformaciones, estiramiento o *estrés* que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como lo son la fuerza, la presión y la gravedad.[4]

C. Post-procesamiento (visualización)

Estos resultados entonces pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro del ambiente de FEA para ver y para identificar completamente las implicaciones del análisis. Herramientas numéricas y gráficas permiten la localización precisa de información como esfuerzos y deformaciones a ser identificadas.[8]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Comparar dos alturas de cementación de un bracket en la corona dental teniendo en cuenta variaciones en tamaño radicular y altura ósea mediante análisis de elementos finitos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar esfuerzos y deformaciones de la estructura dental con un bracket cementado en el centro de la corona anatómica con una relación corona-raíz 1:1,5; 1:1; 1:0,5.

- ✓ Observar esfuerzos y deformaciones de la estructura dental con un bracket cementado en el centro de la corona clínica con una relación corona- raíz 1:1,5; 1:1; 1:0,5.

- ✓ Comparar esfuerzos y deformaciones de la estructura dental con dos tipos de cementaciones y diferentes relaciones corono- radiculares.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Estudio experimental por simulación con análisis de elementos finitos no lineal.

2.2 OBJETO DE ESTUDIO

- Efecto que tienen dos alturas de cementación de un bracket en dientes con variaciones en altura ósea y longitud radicular en la institución universitaria colegios de Colombia (UNICOC) durante el periodo 2015- 2017.

2.3 MUESTRA:

Tomografía computarizada de haz cónico de diente incisivo central superior derecho.

2.4 UNIDAD DE OBSERVACIÓN:

Imagen simulada del diente, hueso y ligamento periodontal al aplicar una fuerza.

2.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Tomografía de paciente con dentición permanente que haya terminado su proceso de apexificación.

2.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Tomografía de paciente con ortodoncia.
- Tomografía de paciente con ortodoncia previa.
- Tomografía de paciente en dentición temporal.
- Tomografía de dientes parcialmente erupcionados.

2.7 CONSIDERACIONES ETICAS:

Según la resolución 8430 de 1993 en su artículo 11 la presente investigación se clasifica sin riesgo por lo cual no requiere aprobación por el comité de Etica.

2.8 PRESUPUESTO

No.	DESCRIPCIÓN	FUENTE	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	Asesor científico	UNICOC	$ 2.000.000	$ 2.000.000
1	Asesor metodológico	UNICOC	$ 1.700.000	$ 1.700.000
1	Asesor estadístico	UNICOC	$ 1.300. 000	$ 1.300.000

1	Asesor científico (ingeniero)		$ 3.000.000	$ 3.000.000
1	TAC	Centro radiológico	$ 200.000	$ 200.000
4	Juegos de brackets (Estándar)	Dental	$ 200.000	$ 200.000
1	Papel, esferos, borradores. Tinta para impresora, fotocopias.	UNICOC	$ 200.000	$ 200.000
1	Movilizaciones		$ 500.000	$ 500.000
	TOTAL			$ 9. 100. 000

2.9 CRONOGRAMA

MESES / ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Revisión de la literatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Propuesta de investigación		■	■	■	■													
Proyecto					■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Simulación elementos finitos													■	■	■	■		
Resultados																■	■	
Sustentación																		■

3. MÉTODO

El estudio se llevó a cabo mediante la reconstrucción y modelamiento para el posterior análisis por simulación matemática de elementos finitos (MEF) no lineal, en donde se tomaron imágenes transversales de tomografía axial computarizada (TAC), del incisivo central superior derecho del paciente que tuviera dentición permanente y que halla finalizado su proceso de apexificación y como criterios de exclusión se tuvo en cuenta que el paciente presentara ortodoncia previa, paciente en dentición temporal o con dientes parcialmente erupcionados.

Con el fin de simular una morfología externa para MEF; el procedimiento de escaneo del diente se realizó con un espesor de 0.2 mm.

Las selecciones de las imágenes del TAC fueron mediante el formato de imágenes digitales y comunicación en medicina (DICOM). Las formas geométricas del diente en estudio fueron reconstruidas por MIMICS (Materialize, Leuven, Bélgica).

Se realizó la reconstrucción del hueso, el ligamento periodontal y del incisivo central superior.

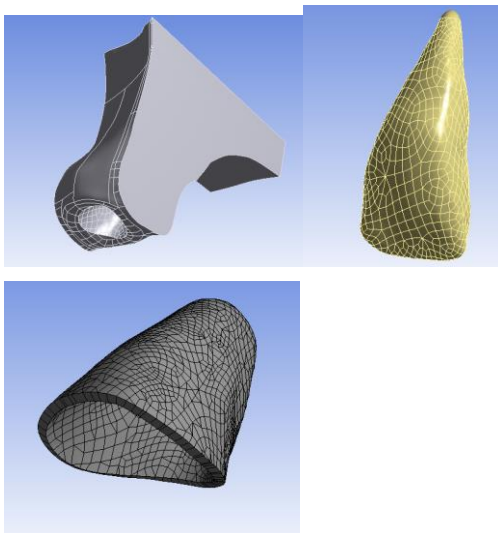


Imagen 1; Ejemplo de la reconstrucción del hueso, diente y ligamento periodontal para el modelo con relación corona raiz 1:0,5.

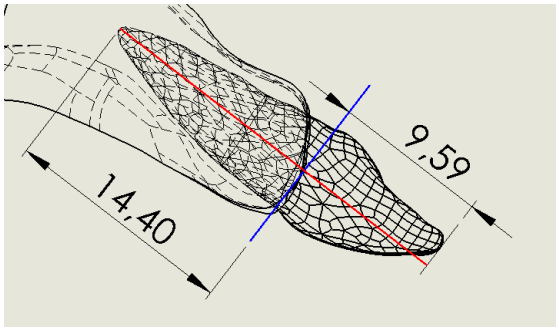
Adicionalmente se definieron tres casos específicos de la relación Corona-Raíz.

El primer modelo se estableció mediante la longitud radicular y nivel óseo adecuado con la cementación del bracket en el centro de la corona clínica, específicamente teniendo como relación corona raíz 1:1.5, el segundo modelo presentaba las mismas características morfológicas teniendo en cuenta la altura de la cementación del bracket en la corona anatómica, el tercer modelo se determinó mediante una raíz corta dejándola en los límites mínimos de

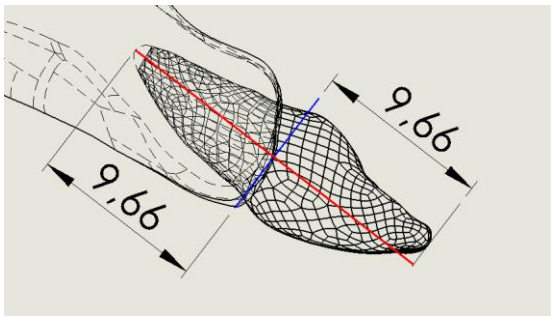
normalidad, con altura ósea adecuada, es decir, presentaba una relación corona raíz 1:1, cementado en el centro de la corona clínica; igualmente el cuarto modelo presentó características morfológicas similares teniendo en cuenta que la cementación del bracket fue el centro de la corona anatómica.

Por último, se construyeron dos modelos con raíz corta simulando “enanismo radicular” y altura ósea disminuida variando la cementación del bracket uno en corona clínica y otro en corona anatómica, obteniendo como relación corona raíz 1:0.5

a. **Relación 1:1,5**



b. **Relación 1:1**



c. Relación 1:0.5

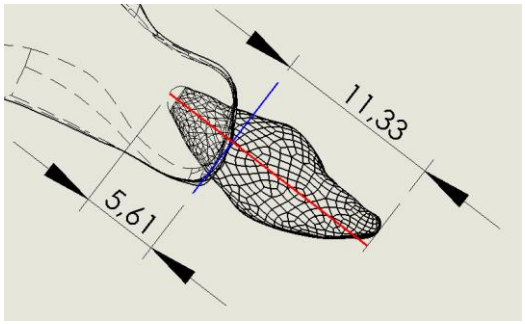


Imagen 2: a, b, c se observan las medidas de las 3 diferentes relaciones corono- radiculares establecidas para este estudio.

Así mismo se utilizó un bracket de técnica Estándar de slot 0.22 x 0.28.

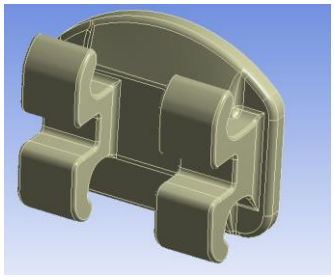


Imagen 3: Geometría correspondiente al Bracket en el software SolidWorks 2015/16.

Se tuvo especial cuidado al momento de la colocación del bracket en cada conjunto, para lo cual se tomó la medida de la longitud de la cara de la corona del diente desde una vista lateral, medida a partir de la unión amelo cementaría hasta el borde incisal, además se usó como guía el eje longitudinal del diente para la correcta ubicación del bracket en cada modelo.

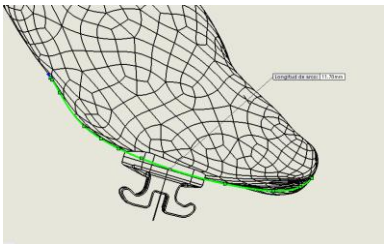


Imagen 4: Longitud total de la cara vestibular de la corona dental desde union amelocementaria a borde incisal.

Dicha longitud para todos los modelos fue de 11,78 mm. A partir de esta longitud, se definieron las dos longitudes para la ubicación del bracket así:

a. **Slot del bracket en Centro de corona anatomica.**

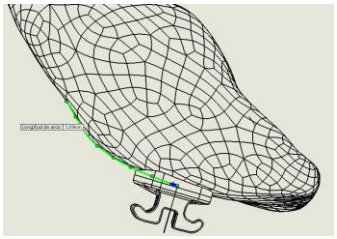


Imagen: 5: Ubicación de bracket en centro de corona anatomica

Desde la unión amelocementaria y en dirección al borde incisal se midió una distancia de 5,89 mm, punto en el cuál se colocó el punto medio del slot del bracket.

b. **Slot del bracket en Centro de corona clínica (0,5 mm más incisal).**

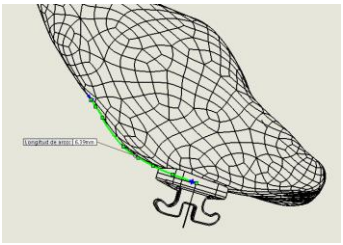


Imagen: 5: Ubicación de bracket en centro de corona clínica.

Desde la unión amelocementaria y en dirección al borde incisal se midió una distancia de 6,39 mm, punto en el cuál se colocó el punto medio del slot del bracket.

Importacion de los modelos:

Se hizo por medio del software Ansys WorkBench para adelantar la simulación por elementos finitos. En dicho software se realizó lo siguiente:

a. Definición de las propiedades mecánicas de los materiales de cada una de los elementos que conforman los conjuntos.
b. Enmallado



Imagen 7: Ejemplo del enmallado para el modelo 1:0,5 con ubicación de bracket en centro de corona anatómica)

Los datos del enmallado para cada uno de los modelos son los siguientes:

MODELO	DATOS DE LA MALLA
1:0,5 Clínico	Statistics Nodes 658142 Elements 453551
1:0,5 Anatómico	Statistics Nodes 658136 Elements 453548
1:1Clínico	Statistics Nodes 657220 Elements 460122

1:1Anatómico	Statistics Nodes 657219 Elements 460131
1:1,5 Clínico	Statistics Nodes 656496 Elements 455937
1:1,5 Anatómico	Statistics Nodes 656733 Elements 456046

Definición de las condiciones de frontera (Cargas y apoyos):

Apoyos: Para todos los modelos se restringió el desplazamiento en las superficies superiores y posteriores de la porción del hueso, indicadas en color azul:

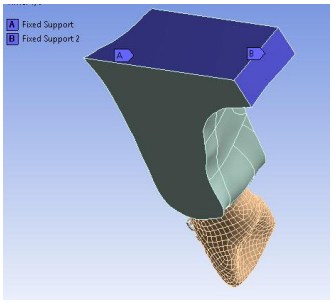


Imagen 8: Zonas restringidas para desplazamiento.

Carga aplicada: La carga aplicado consistió en una fuerza de 101,971 gr/f (1N) aplicada en las caras de contacto entre el arco (correspondiente a las características de un alambre 0,019x 0,025 de acero inoxidable) y el slot del bracket, simulando el llenado parcial del slot del bracket.

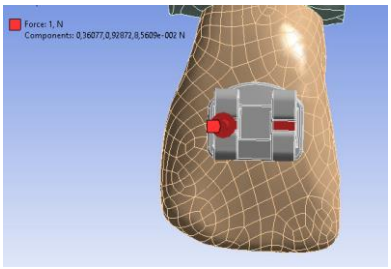


imagen 9: Fuerza de 1N aplicada en las caras de contacto entre el arco y el slot del bracket, identificadas con color rojo.

Definición del tipo de análisis (No Lineal):

Para esto se definió un comportamiento no lineal para el Ligamento, basados en los datos utilizados por HEMANTH y Colaboradores en la revista Journal of International Oral Health 2015; 7(9): 124-128.[20]

Se activó la opción de permitir grandes deformaciones y se definieron 10 sub pasos para cada análisis.

Selección de los resultados a visualizar:

Esfuerzos combinados de Von Mises (MPa) y Deformación total (mm)

Solución de las simulaciones:

Esta etapa, conocida como procesamiento, la realizó el Ansys WorkBench de manera autónoma, requiriendo un tiempo de 12 horas para cada simulación.

Visualización de resultados:

En este paso se tomaron imágenes de los resultados obtenidos de esfuerzos y deformaciones en el diente para cada simulación.

4. RESULTADOS

Con base en el modelamiento conseguido por medio del programa ANSYS 16.0, al aplicar la fuerza de 101,971 gr/f (1N) al diente central superior derecho (diente 11) con las modificaciones establecidas previamente se obtuvo los siguientes resultados:

Cuando se aplicó la fuerza sobre el bracket estándar ubicado en el centro de corona anatómica en un diente que presentaban una disminución en longitud radicular y disminución en altura ósea con una proporción corono radicular 1:0.5 respectivamente se encontró que las deformaciones para dicho modelo son menores (0,0021641 mm) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (0.11233 mm) esto se debe a la diferencia entre el brazo de la fuerza aplicada, siendo este mayor para el segundo caso en 0,5 mm.

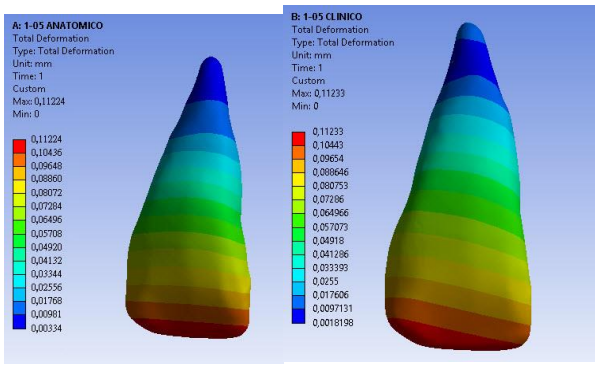


Imagen 10: Deformación en mm, producida en el modelo con relación corono-raíz 1- 0,5. Con cementación del bracket en a. centro de corona anatómica y b. centro de corona clínica.

En cuanto a los esfuerzos para este mismo modelo de relación corona-raiz 1:0,5 con disminución en longitud radicular y característica adicional una reducción en la altura del hueso, cuando el bracket se coloca en el centro de la corona anatómica el nivel de esfuerzos para dicho modelo son menores (1,2606 MPa) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (1,7891 MPa).

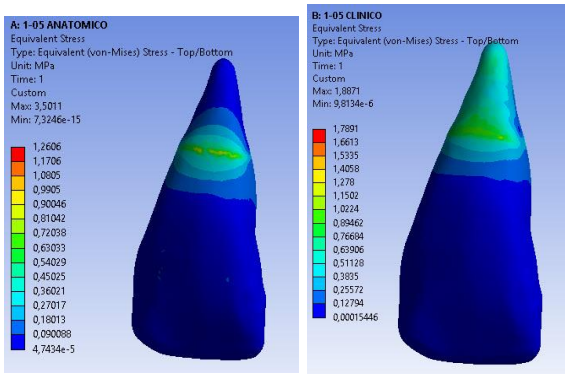
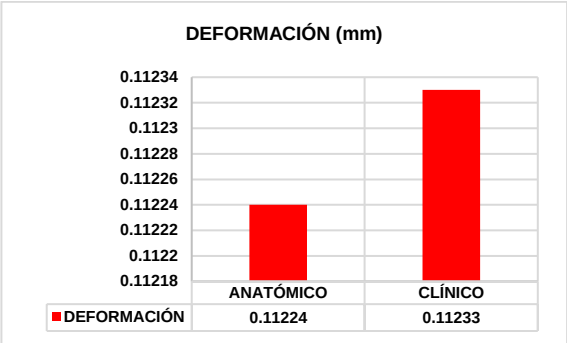
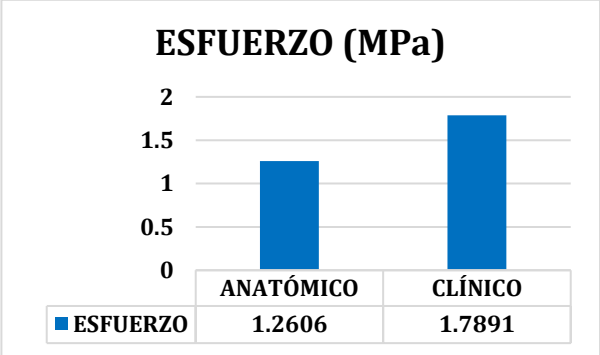


Imagen 11: Esfuerzos (Mpa) producidos en modelo con relación corono raiz 1:0,5. Con cementación del bracket en a. centro de corona anatomica y b. centro de corona clínica.

A continuacón se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos para el modelo 1:0,5 con respecto a los esfuerzos y deformaciones:

RELACIÓN 1:0,5		
MODELO	**DEFORMACIÓN (mm)**	**ESFUERZO (Mpa)**
ANATÓMICO	0,11224	1,2606
CLÍNICO	0,11233	1,7891





Con respecto a los modelos en los cuales se tenía una relación corono radicular 1:1 con altura de hueso normal con cementación de bracket en centro de corona clínica y centro de corona anatómica se encontró que la resultante al aplicar una fuerza de 101,971 gr/f (1 N) , si el bracket se coloca en el centro de la corona anatómica, las deformaciones para dicho modelo son menores (0,041291 mm) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (0,042562 mm) ,esto se debe a la diferencia entre el brazo de la fuerza aplicada, siendo este mayor para el segundo caso en 0,5 mm.

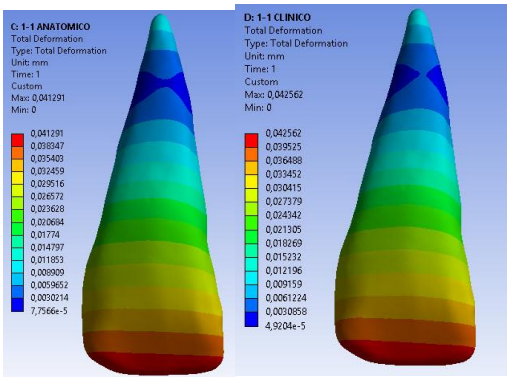


Imagen 12: Deformación en mm, producida en el modelo con relación corono-raíz 1-1. Con cementación del bracket en a. centro de corona anatomica y b. centro de corona clínica.

En cuanto a los esfuerzos en el modelo con relación corona- raíz 1-1, cuando el bracket se coloca en el centro de la corona anatómica el nivel de esfuerzos para dicho modelo son menores (0,55724 MPa) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (0,60438 MPa). La diferencia en el comportamiento con respecto al modelo anterior se debe al aumento en el brazo de la resistencia (Raíz) del diente y al aumento de la altura ósea.

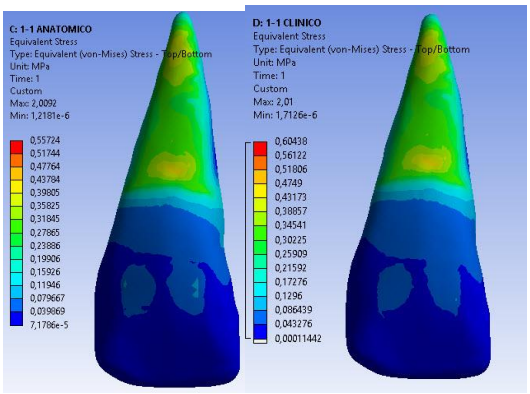
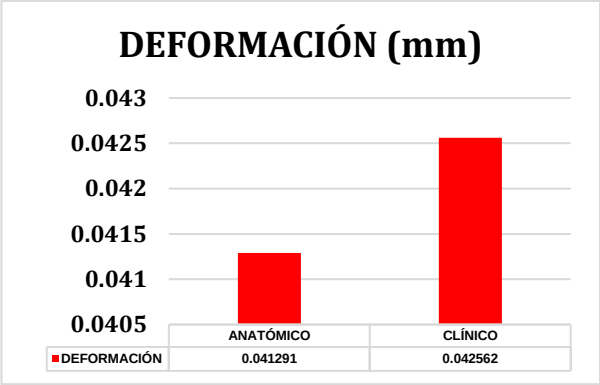
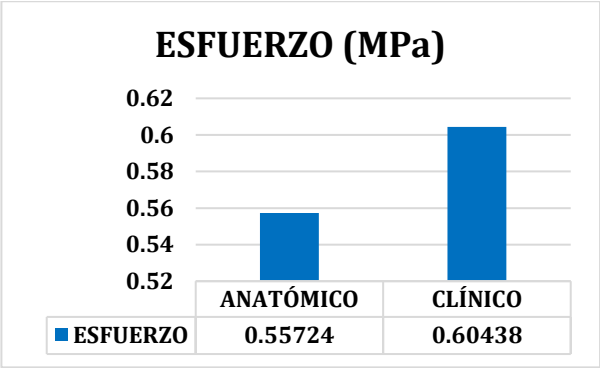


Imagen 13 : Esfuerzos (Mpa) producidos en modelo con relación corono raíz 1:1. Con cementación del bracket en a. Centro de corona anatómica y b. Centro de corona clínica.

De manera gráfica a continuación los resultados para el modelo con relación corona- raíz 1-1:

RELACIÓN 1:1		
MODELO	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (Mpa)
ANATÓMICO	0,041291	0,55724
CLÍNICO	0,042562	0,60438





Finalmente en los modelos que presentaban una longitud radicular adecuada y altura ósea normal con una proporción corono radicular 1:1,5 se encontró que al aplicar la fuerza de 101,971 gr/f (1 N) Si el bracket se coloca en el centro de la corona anatómica, las deformaciones para dicho modelo son menores (0,023783 mm) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (0,024497 mm) esto se debe a la diferencia entre el brazo de la fuerza

aplicada, siendo este mayor para el segundo caso en 0,5 mm, así como el aumento en la longitud de la raíz del diente.

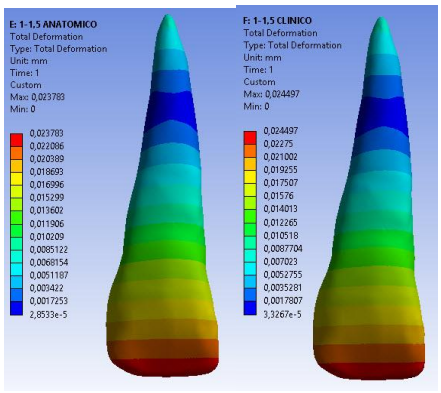


Imagen 14: Deformación en mm, producida en el modelo con relación corono-raíz 1-1,5. Con cementación del bracket en a. centro de corona anatomica y b. centro de corona clínica.

En cuanto a los esfuerzos, cuando el braket se coloca en el centro de la corona anatómica, el nivel de esfuerzos para dicho modelo son menores (0,46577 Mpa) que la obtenida cuando el bracket es colocado en el centro de la corona clínica (0,50984 Mpa). La diferencia en el comportamiento con respecto a los modelos anteriores se debe al aumento en el brazo de resistencia (raiz) del diente.

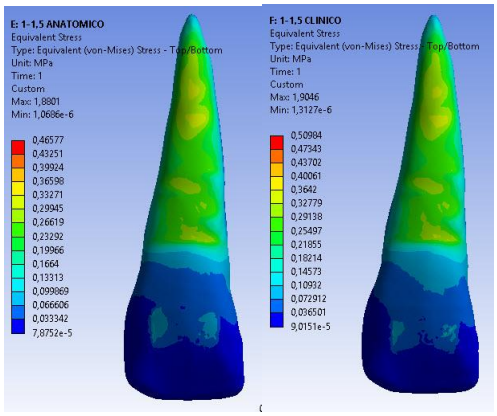
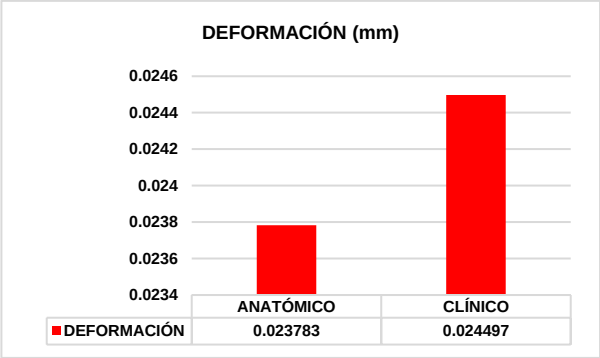
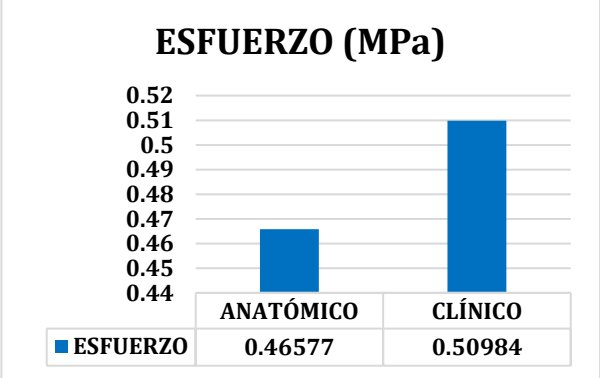


Imagen 15 : Esfuerzos (Mpa) producidos en modelo con relación corono raiz 1:1,5. Con cementación del bracket en a. Centro de corona anatomica y b. Centro de corona clínica.

De manera gráfica, los resultados obtenidos para el modelo con relación 1:5 se tiene:

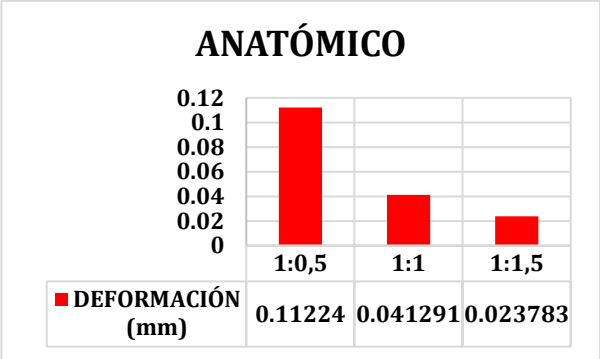
RELACIÓN 1:1,5		
MODELO	**DEFORMACIÓN (mm)**	**ESFUERZO (Mpa)**
ANATÓMICO	0,023783	0,46577
CLÍNICO	0,024497	0,50984

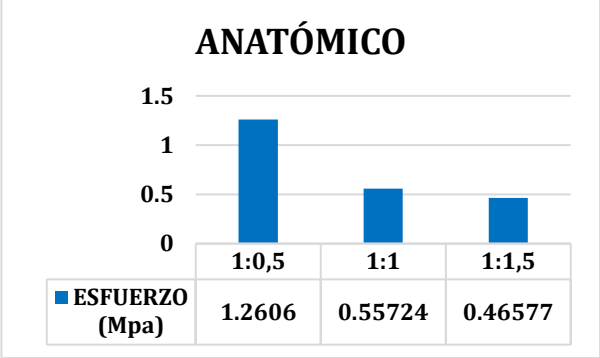




De manera gráfica, los resultados obtenidos realizando la comparación entre modelos para los casos de cementación en centro de corona anatómica y centro de corona clínico se tiene:

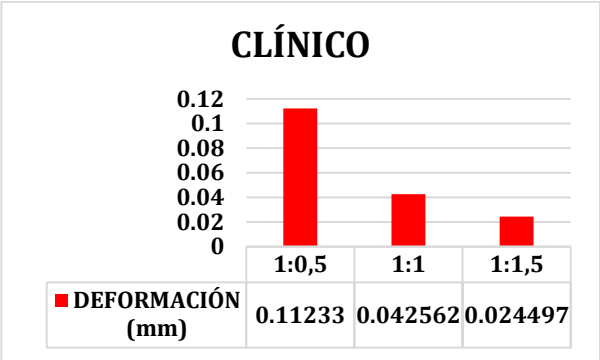
ANATÓMICO		
MODELO	**DEFORMACIÓN (mm)**	**ESFUERZO (Mpa)**
1:0,5	0,11224	1,2606
1:1	0,041291	0,55724
1:1,5	0,023783	0,46577

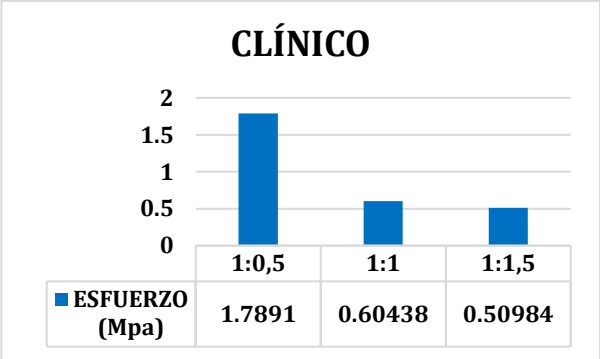




Se puede concluir que la deformación en la relación 1:0.5 con cementación del bracket en centro de corona anatómica, es mayor respecto al modelo 1:1 y esta diferencia es mayor al compararlo con el modelo 1:1.5. Lo mismo ocurre con los esfuerzos.

CLÍNICO		
MODELO	**DEFORMACIÓN (mm)**	**ESFUERZO (Mpa)**
1:0,5	0,11233	1,7891
1:1	0,042562	0,60438
1:1,5	0,024497	0,50984





En cuanto a los esfuerzos y deformaciones en los modelos con cementación en centro de corona clínica se evidenció que estos presentan un aumento a medida que disminuye la relación corona- raíz.

5. DISCUSIÓN

El método de estudio de elementos finitos, es ampliamente utilizado en estudios ortodónticos, en especial los lineales tal y como lo reporta Hemanth en el 2015; sin embargo, los no lineales dan resultados más realistas ya que reflejan de cerca la naturaleza dinámica del ambiente oral";[20] teniendo en cuenta dichas características se decidió escoger el no lineal para el presente estudio.

Por otro lado, en la actualidad existen técnicas que presentan entre sus indicaciones la cementación de brackets en centro de corona clínica tales como la

propuesta por los Doctores Angle, Andrews, Alexander, Mclaughlin, Bennett y Trevisi (MBT), entre otros, mientras que dentro de los populares el Doctor Roth, R. Indica cementación en centro de corona anatómica. [3]

Es de vital importancia tener en cuenta la cementación de la aparatología ortodóntica, y nivel de aplicación de fuerzas sobre la estructura dentaria y de soporte de la misma ya que de esta dependerá minimizar riesgos y efectos indeseables de movimientos dentales tal y como lo menciona ChaKravarthi en su artículo del 2016, " El tratamiento ortodóntico implica el uso controlado de la fuerza, una fuerza ortodóntica óptima tiene la intención de inducir una respuesta celular máxima con mínimos efectos adversos En el tejido de soporte, durante el movimiento del diente, los cambios del periodonto ocurren, dependiendo de la magnitud, dirección y duración de la fuerza aplicada".[2]

Dichas cementaciones se dan independientemente de la longitud radicular y/o altura ósea, por otro lado en el presente estudio se tuvo en cuenta estas variables (Altura ósea y longitud radicular) y con base en los resultados obtenidos es posible plantear que en un paciente con una relación corona- raíz disminuida, en la cual se presenta mayor tendencia a la inclinación al aplicar una fuerza para movimiento de traslación, el cementar el bracket en centro de corona anatómica podría contribuir a disminuir esta tendencia a la inclinación que no es deseable en la mayoría de casos donde se está realizado una fuerza para obtener un movimiento en cuerpo, más "puro", ya que se estaría acercando 0.5 mm más al centro de resistencia del diente por la ubicación del bracket mas gingival.

En el modelo donde se presenta longitud radicular disminuida y disminución de altura ósea implica que el movimiento va a ser mas de inclinación que de traslación debido a un menor punto de apoyo puesto que se encuentra el hueso disminuido, por lo cual se puede sugerir que al reducir la fuerza aplicada a través del bracket en un diente con estas condiciones, se podría nivelar o disminuir esta inclinación.

Además, un diente que presente condiciones de corona-raíz normales (relación corono radicular 1:1,5 ó 1:2) la cementación del bracket en centro de corona anatómica con respecto a centro de corona clínica el momento o la inclinación será mayor en este último ya que se estaría alejando del centro de resistencia 0,5 mm.

Se considera finalmente que por lo menos se debería tener una tomografía del diente central para la cementación para así tener en cuenta la dimensión de las estructuras de soporte.

6. CONCLUSIONES

1. Los niveles de esfuerzos y deformaciones van disminuyendo a medida que la relación corona-raíz va aumentando, ya que el brazo de resistencia aumenta, disminuyendo la reacción inducida en la raíz.
2. Para todos los modelos, si el bracket se encuentra en la mitad de la cara anatómica, los niveles de esfuerzos y deformaciones son menores que los obtenidos cuando el bracket se encuentra en la mitad de la corona clínica.

3. Al analizar la estructura dental con un bracket cementado en la altura de corona clínica se observó mayor esfuerzo y deformación en la relación corono radicular 1:0,5; teniendo esto en cuenta se puede deducir que esta altura induce mayor necesidad de disminuir las fuerzas aplicadas.
4. Teniendo en cuenta que la altura de cementación de un bracket a nivel de la corona anatómica reduce las deformaciones y los esfuerzos, se podría tener esto como parámetro para obtener un desplazamiento más adecuado de la estructura dental.
5. Al realizar un tratamiento de ortodoncia es importante evaluar las condiciones anatómicas “individuales” referentes a tamaño de la corona en sentido oclusogingival tamaño de la raíz y altura de hueso medida a partir de la cresta ósea, para así establecer el sitio ideal de cementación del bracket.
6. El medio diagnóstico de más exactitud para analizar morfología dental y de tejidos adyacentes es la tomografía axial de haz cónico ya que esta nos proporciona una vista en las 3 dimensiones, y permite establecer medidas de corona, raíz y nivel óseo más precisas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lindauer S, Britto A. Biological response to biomechanical signals: Orthodontic Mechanics to control tooth movement. Seminars in Orthodontics, 2000; 6: 145- 154.
2. Chakravarthi S, et al. Evaluation of Centre of Resistance in Tooth with Diferent Levels of Bone: A Finite Element Method Study. Journal of international oral health 2016; 8: 232-237.
3. Protocolo de cementación dentro de corona clínica y centro de corona anatómica. Posgrado ortodoncia y ortopedia maxilar, 2015.
4. Ping L, et al. Three-dimensional finite element analysis of the mechanical Stress on root from orthodontic tooth movement by sliding mechanics. Journal of Huazhong University of Science and Technology. Med Sci 27 (6): 2007.
5. Vollmer D. Determination of the centre of resistance in an upper human canine and idealized tooth model. European journal of Orthodontics 21 (1999) 633-648.
6. Moore J. Factors affecting tooth movement in sliding mechanics. European Journal of Orthodontics 15 (1993). 235-241.
7. Jones M, Hickman J, Middleton J. A Validated Finite Element Method Study of Orthodontic Tooth Movement in the Human Subject. Journal of Orthodontics. Vol. 28 (2001) 29-28.

8. Cattaneo, M. Dalstra M, and Melsen B. The Finite Element Method: A Tool to Study Orthodontic Tooth Movement. Journal dentistry research: 428-433, 2005.
9. Singh, et al. Revolution in orthodontics: Finite element analysis. Journal of international society of preventive and community dentistry. 2016, Vol. 6, No. 2.
10. Tominaga, J, et al. Effect of bracket slot and arch wire dimensions on anterior tooth movement during space closure in sliding mechanics: A 3-dimensional finite element study. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. Vol. 146. 2014.
11. Hussein H. Ammar P, Richard J. Crout V. Three-dimensional modeling and finite element analysis in treatment planning for orthodontic tooth movement. AJO-DO. Vol. 139. 2011.
12. Smith, R and Burstone, C. Mechanics of tooth movement. Am. J. Orthod. Vol. 85. 1984.
13. Williams K. Orthodontic tooth movement analyzed by the finite elements method. Biomaterials Elsevier.Vol 5. 1984.
14. Rokutanda H, et al. Effect of power arm on anterior tooth movement in sliding mechanics analyzed using a three-dimensional digital model. Orthod Waves (2015).

15. Provatidis C. A comparative FEM study of tooth mobility using isotropic and anisotropic models of the periodontal ligament. Medical Engineering and Physics 22 (2000) 359-370.
16. Pieyzak G. A nonlinear elastic model of the periodontal ligament and its numerical calibration for the study of tooth mobility. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 5:2, 91-100. 2002.
17. Mohammed S. Basic Concepts of finite elements analysis and its applications in dentistry: An overview. Journal Oral Hygiene and health. Vol 2. 2014.
18. Poppe M. Determination of the Elasticity Parameters of the human periodontal ligament and the location of the center of resistance of single rooted teeth .A study of autopsy specimens and their conversion into finite elements models. Journal orofacial orthopedics 358-370, 2002.
19. Lang L. Finite element analysis to determine implant preload. The journal of prosthetic dentistry. Vol 90. 2003.
20. Hemanth M, et al. Stress induced in the periodontal ligament under orthodontic loading (part I). Journal of international oral health.2015. 114-118
21. Hemanth M. et al. Stress induced in the periodontal ligament under orthodontic loading (part II). Journal of international oral health.2015. 114-118.

22. Wakabayashi N. Nonlinear finite element analyses: Advances and challenges in dental applications. Journal of dentistry 2008.
23. Toms E. et al. Nonlinear stress –strain behavior of periodontal ligament under orthodontic loading. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. Vol 122. 2002.
24. Natali A, et al. Numerical analysis of tooth mobility: Formulation of a non-linear constitutive law for the periodontal ligament. Dental materials. 2003.
25. Cattaneo, M. Dalstra and Melsen T. The Finite Element Method: A Tool to Study Orthodontic Tooth Movement. Journal dentistry research. 2005.
26. Knop L, Gandini L. Scientific use of the element method in Orthodontics. European journal of Orthodonctics. 2015.
27. Shillingburg, Herbert T. Fundamentos esenciales en Prótesis Fija Editorial Quintessence S.L. 3ra. Edicion Barcelona, España. P.p. 139-155
28. Dwight Damon, DDS. 30. Manual de trabajo Damon, página 128.
29. Roth Ronald .Conferencia, Colombia año 2000
30. Scientific use of the finite element method in Orthodontics Luegya Knop1, Luiz Gonzaga Gandini Jr.2, Ricardo Lima Shintcovsk1, Marcia Regina Elisa Aparecida Schiavon Gandini