


**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA  
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**

**FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

**Nº DE RADICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN EJECUTORES**

**Ejecutor 1**

Nombre (s):	Jhon Fredy Malaver Pinto	
Apellido (s):	Malaver Pinto	
Código:	20171375024	
E-mail:	jfmalaverp@correo.udistrital.edu.co	
Teléfono fijo:	4689064	
Celular:	3057677276	

**Ejecutor 2**

Nombre (s):		
Apellido (s):		
Código:		
E-mail:		
Teléfono fijo:		
Celular:		

**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

Título del Proyecto:	MODELAMIENTO DE LOS ESFUERZOS EN UN PREMOLAR CON ENFERMEDAD DENTARIA PRIMARIA	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	x
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:		
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:		
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Análisis de elementos finitos, resistencia de materiales, materiales no metálicos, odontología.	

**INFORMACIÓN PASANTÍA**

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

# MODELAMIENTO DE LOS ESFUERZOS EN UN PREMOLAR CON ENFERMEDAD DENTARIA PRIMARIA

JHON FREDY MALAVER PINTO



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SEDE TECNOLÓGICA  
BOGOTÁ, ABRIL DEL 2018

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.

Introducción

1. Planteamiento del problema.....	8
1.1. Estado del arte.....	10
1.2. Justificación.....	12
2. Objetivo.....	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivos específico.....	13
3. Marco teórico.....	14
4. Metodología.....	16
5. Cronograma.....	18
6. Presupuesto.....	19
7. Bibliografía.....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Modelo de elementos finitos de un canino inferior, tomada de Tensiones inducidas en el diente, periodonto y hueso alveolar después de aplicar un movimiento de torque cuando el hueso de soporte esta disminuido.
- Figura 2: Diente en vistas, tomada de Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico.
- Figura 3: Aplicación de fuerzas y restricciones, tomada de Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico.
- Figura 4: Los primeros atisbos de odontología, tomada de Historia de la odontología

## RESUMEN

Los dientes premolares tienen la función de triturar y moler de la forma más fina posible los alimentos, con el fin de facilitar el proceso de ingesta humana y contribuir con una alimentación controlada, estos cuentan con una sección visible y una sección invisible, esta última se compone de cuatro características físicas evidenciadas tras investigaciones odontológicas, las cuales son el esmalte dental, la dentina, el cemento y pulpa. En la actualidad, aunque ya existen proyectos direccionados a investigaciones y/o avances odontológicos, se busca profundizar más aportando desde el punto de vista de ingeniería mecánica al mundo odontológico y de salud oral, esto mediante el estudio de propiedades mecánicas de los dientes y más aún la distribución de cargas generada al masticar sobre estos.

Como dato relevante, el músculo masticatorio de la mandíbula, según experimentos realizados, se ha evidenciado que sino el primero, es uno de los más poderosos del cuerpo. Es por temáticas como estas que surge la necesidad de desarrollar la modelación de un premolar, para este caso en particular, con enfermedad bacteriana (caries); este análisis se lleva a cabo bajo la utilización de elementos finitos con el fin de evidenciar la posibilidad latente de falla sobre los premolares, buscando mitigar o prever fracturas y/o múltiples fallos en los compuestos internos del diente y aportar a investigaciones que afrontan la búsqueda de nuevos materiales reconstructivos, esto teniendo en cuenta los avances odontológicos que hasta el momento se han generado. Cabe aclarar que para llevar a cabo este modelamiento se desea emplear el software ANSYS con ayuda de imágenes tomadas de orden microscópico al diente en corte.

## 0. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos que afronta el mundo día a día asocian desde tiempos inmemorables el estudio propio del ser humano, de acuerdo con múltiples investigaciones se ha evidenciado que uno de los músculos que conlleva una mayor utilización, se encuentra ubicado en la boca y es allí donde se albergan los dientes los cuales soportan la mayor cantidad de carga aplicada al masticar e introducir un alimento, tanto así que son las fracturas dentales uno de los problemas con mayor frecuencia en el ámbito odontológico;

Es importante evidenciar que los dientes se dividen en cuatro tipos: incisivos, caninos, premolares y molares, los cuales cuentan con una característica fundamental para la vida humana; ellos hacen parte del comienzo en el proceso de ingesta ubicados en la cavidad oral de los seres humanos, más directamente es el objeto con el cual la raza humana realiza el primer paso a la alimentación y supervivencia. Por esta razón es vital el realizar investigaciones que contribuyan con una evaluación de sus propiedades ya sea de origen físico, químico o como en este caso mecánico, al realizar el análisis de imágenes obtenidas bajo observaciones microscópicas a premolar con caries, con el fin de aportar a la ciencia la cual busca lograr nuevos avances tecnológicos en cuanto a prótesis o arreglos dentales que a futuro aporten un bienestar para el ser humano, ya que esto puede afectar tanto de forma positiva como negativa, desde aspectos físicos hasta aspectos económicos y sociales.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fracturas dentales constituyen las lesiones de origen traumático más frecuentes. Hoy en día se les considera un problema de salud pública, ya que además de demandar esfuerzos en el ámbito educacional y preventivo, requieren tratamiento restaurador en el paciente. Este tipo de traumatismos varía entre 26 al 76% de las lesiones dentales y pueden ocurrir en la infancia y en la adolescencia, aunque no es raro observarlas en la edad adulta. La aplicación de un tratamiento rápido y adecuado es esencial para disminuir el daño ocasionado por el impacto y prevenir la aparición de fallas en el diente. La restauración del diente afectado por el trauma constituye una prioridad no sólo por su implicación estética y psicológica en el paciente sino por su valor biológico y funcional.

Para nadie es un secreto que la ciencia y los avances tecnológicos no se detienen, por ende estudios generados sobre las propiedades mecánicas de los dientes y temáticas sobre modelamientos que permitan identificar en qué forma están distribuidas las cargas en los mismos, tienen aún innumerables áreas por atacar académicamente en cuanto a los avances científicos relacionados con la salud oral de la población; según la organización mundial de la salud las enfermedades laborales aquejan a más del 90% de la población mundial, esto hace que OMS busque soluciones a este tipo de problemas de forma acelerada; al revisar información acerca de este tema, se evidencia que es de vital importancia aportar con más aspectos ingenieriles a la salud oral de los seres humanos, datos relevantes como el conocer en qué punto puede llegar a fracturarse un diente premolar de acuerdo con los efectos de las cargas producidas cuando una persona mastica sobre el diente, pueden prever o evitar con anticipación esta falla y entender los efectos de la gran variedad de los procedimientos dentales reconstituyentes.

Los traumatismos dentales pueden causar daño o pérdida de dientes en niños y adolescentes.

<sup>1</sup>OMS. Salud bucodental. [www.who.int](http://www.who.int) [en línea], abril de 2012. Disponible en Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs318/es/>.

Cargas de este tipo pueden ocasionar variedad de problemas causandola enfermedad denotada odontológicamente como necrosis pulpar en dientes permanentes jóvenes e interrumpir su desarrollo, ya que la raíz alcanza su longitud y conformación total cuatro años después de la erupción dental. Por lo tanto, los ápices quedan abiertos, formando dientes inmaduros susceptibles a fracturas. En el caso de la medicina dental, debido a la naturaleza del material, su dimensión y posición geométrica, los problemas como las fracturas, no se pueden estudiar con herramientas de ingeniería clásicas, como los marcadores tenso métricos. En estas condiciones, el método de elementos finitos es el único método que puede mostrar lo que está sucediendo dentro del diente.

Actualmente se utilizan diversos procedimientos y materiales para reforzar las paredes radiculares débiles después de la terapia odontológica, entre los más empleados están las resinas, postes y fibras de polietileno. Sin embargo, hay controversia de criterios en la selección del tratamiento ideal, lo que hace necesario estudiar las propiedades mecánicas y distribución de cargas sobre el sistema dental con mayor profundidad.

Gracias a los avances tecnológicos, los dentistas y pacientes actualmente tienen diversas opciones cuando se trata de seleccionar materiales para obturar caries. entre las opciones se encuentran materiales del color natural de los dientes, como empastes compuestos de resina y empastes dentales más tradicionales como los hechos de amalgama metálica. estos materiales son los mejores en situaciones donde los dientes restaurados deben soportar fuerzas extremas que resultan de las mordidas, como en la parte posterior de la boca.

<sup>2</sup>Carvajal K. yBennett G. Resistencia a la fractura de dientes con raíces debilitadas usando postes con y sin relleno radicular. Revisión sistemática. Mexico, Revista odontológica mexicana, Distrito Federal, Ciencias Direct (2015), Vol. 19.

<sup>3</sup> Nasir A. Ahmed R. Characterization and modeling of a linear variable reluctance motor considering a full range of feasible tooth widths with finite element method. IEEE, USA. OH, Noviembre (2017).



## 1.1. ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo del presente proyecto se realiza una recopilación de información que contribuya con el entendimiento y búsqueda de ideas para dar solución al problema planteado anteriormente, para esto, se tienen en cuenta compendios de información presentados en libros, revistas y artículos de otras fuentes; estos artículos se resumirán en orden cronológico, teniendo en cuenta un periodo histórico de 15 años.

Del material recopilado, con información similar al proyecto se pueden nombrar:

Félix de Carlos. Fernández M, Pilar evaluaron para el año 1999 evalúan las tensiones inducidas en el diente, periodonto y hueso alveolar después de aplicar un movimiento de torque cuando el hueso de soporte este disminuido.

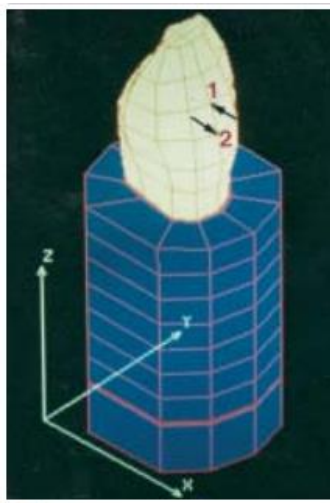


Figura 1: Modelo de elementos finitos de un canino inferior, tomada de Tensiones inducidas en el diente, periodonto y hueso alveolar después de aplicar un movimiento de torque cuando el hueso de soporte esta disminuido.

El modelo tridimensional del diente consistió en 396 elementos isoparametricos con 8 nodos cada uno. Se consideró para todos los cálculos un comportamiento lineal elástico, módulo de Young estándar, índice de poisson.

<sup>4</sup>Carlos F. Puente M. Suarez D. Tensiones inducidas en el diente, periodonto y hueso alveolar después de aplicar un movimiento de torque cuando el hueso de soporte esta disminuido: análisis por el método de los elementos finitos. España, Revista Ortodoncia, Pag 29 (1999).

Mantilla F, Málaga J. en su artículo, expone la distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico.

Para llevar a cabo este estudio el diente fue conservado en formol para lograr su preservación.

Seguidamente se procedió a realizar la limpieza de la pieza dentaria con un micromotor de baja velocidad marca LYNX, con una escobilla y pasta profiláctica, para así poder retirar los restos orgánicos. Posteriormente se realizaron tomas radiográficas de la pieza dentaria en distintas orientaciones (mesial, distal, vestibular y platino), así como tomas fotográficas también en distintas orientaciones (vestibular, distal, apical y oclusal).



Figura 2: Diente en vistas, tomada de Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico.

Al realizar esta toma de datos, se procedió con análisis mediante elementos finitos. Con el fin de definir las cargas y restricciones que se utilizaron: La carga fue la máxima que resiste un bicúspide. Esta carga fue aplicada sobre las caras de la superficie como se observa en imagen expuesta a continuación.

<sup>5</sup> Serna F. y Rivera M. Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico. ISSN 1812-7886 RevistaKiru (2008), Vol4, Pag 38.

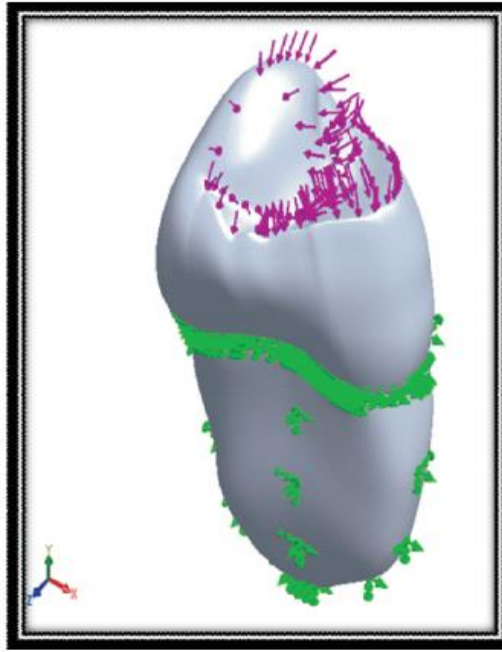


Figura 3: Aplicación de fuerzas y restricciones, tomada de Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico.

Para luego llevar a cabo el respectivo análisis de los datos obtenidos.

<sup>6</sup> Serna F. y Rivera M. Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico. ISSN 1812-7886 Revista Kiru (2008), Vol4, Pag 40.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El siguiente proyecto se realiza con el fin de resaltar la importancia en cuanto al estudio y análisis de la distribución de cargas en un diente, más específicamente en un premolar con caries, esto con el fin de aportar a los avances generados en prótesis dentales ya que al conocer el comportamiento de estas cargas se posibilita el desarrollo de nuevos materiales para este tipo de aplicaciones, contribuyendo significativamente en la salud oral de las personas.

Es de vital importancia profundizar en la investigación desde la perspectiva mecánica con un interés primario en la fisiología y todas aquellas funciones del ser humano que no han sido estudiadas o de las cuales existen tergiversación de datos técnicos correctos. Asimismo, yace la preocupación y el interés por aportar datos estadísticos recientes sobre el análisis dental.

De acuerdo con lo indagado, en la actualidad, aunque se presentan variados estudios en cuanto a la composición dental, la información científica que brinda respuestas a las inquietudes generadas sobre la causa de las fracturas en los dientes, nose encuentra sustentada por la investigación, limitándose al resultado práctico y de la propia experiencia de cada profesional. Día a día hay mayor posibilidad de acceder a información en la red y la existencia de ciertos programas computarizados actualmente permiten simular acciones proporcionando resultados que hace poco tiempo solo podían obtenerse luego de años de observación clínica. Programas como ANSYS logran evidenciar características o posibles causas de fallo mediante análisis de elementos finitos, los cuales nos acercan a una realidad virtual que reproduce condiciones clínicas diarias, de esto nace la finalidad de modelar la distribución de cargas en el diente buscando simular condiciones bucales y de esta manera lograr encontrar resultados antes difícilmente imaginados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Establecer la distribución de cargas mediante el modelamiento y posterior análisis de elementos finitos a premolar con enfermedad bacteriana.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Preparar la muestra del premolar con el procedimiento adecuado para llevar a cabo el estudio microscópico y establecer el micromodelo.
- Establecer el modelo en el programa ANSYS con las propiedades mecánicas de cada una de las estructuras identificadas y realizar los análisis con las cargas establecidas
- Realizar comparación entre los resultados obtenidos mediante programa ANSYS y las referencias de este tipo de análisis.

### 3. MARCO TEÓRICO

Es importante aclarar y explicar algunos hechos históricos, culturales y fundamentalmente de ámbito científico, que han marcado la salud oral de las personas en todo el mundo, además de los procesos que se van a implementar en el presente proyecto con el fin de evidenciar la distribución de esfuerzos en el diente.

Aunque no se tiene constancia de una fecha exacta en la elaboración de los primeros análisis odontológicos practicados a un ser humano, la historia de la humanidad se ha visto expuesta a la luz debido a fragmentos encontrados de su civilización y fundamentalmente de sus propios restos. Mucho hablan acerca de la práctica odontológica de la época, los cráneos y estructuras dentales de las antiguas civilizaciones.



Figura 4: Los primeros atisbos de odontología, tomada de Historia de la odontología

Tras años de avances en la odontología, hacia 1962, la era de las resinas modernas tomo importancia cuando el Dr. Ray Bowen desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta.

<sup>7</sup> Andrade M. A. Historia de la Odontología. <http://mariantheran.blogspot.com.co> [en línea], marzo de 2016. Disponible en Internet: <http://mariantheran.blogspot.com.co/2016/03/historia-de-la-odontologia.html>.

Este realizó una combinación de resinas acrílicas y resinas epóxicas obteniendo una molécula conocida como Bisgma. El mejoramiento de las propiedades físico-químicas para convertir este material en sustituto de la amalgama de plata ha sido objeto constante de investigaciones en la actualidad.

Teniendo en cuenta que en la actualidad se busca ahondar en investigación de cada una de las ramas medicas con el fin de aportar a la salud y bienestar del ser humano, se han comenzado a implementar análisis de orden ingenieril en la dentadura, es de esta manera como se entrelazan los términos análisis de elementos finitos y odontología.

Teniendo en cuenta la salud oral de los seres humanos; problemas que aquejan a la sociedad, como lo es la sensibilidad dental, se resalta que, bajo condiciones normales, la dentina subyacente del diente (la capa que rodea directamente el nervio) está cubierta por el esmalte en la corona dental, y las encías que rodean el diente. Con el tiempo, el recubrimiento de esmalte puede hacerse más delgado, proporcionando así menos protección. El análisis de elementos finitos, es un método interesante y recientemente utilizado con el fin de analizar y prever una posible causa de sensibilidad o fractura dental. Este es un análisis computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real, además este tipo de análisis muestra si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera.

Otro de los problemas dentales es la caries, que aqueja a un gran porcentaje de personas en el mundo, esto debido a que el diente se encuentra expuesto al medio exterior rodeado de gérmenes, algunos de estos son los responsables de generar la caries dental, la cual en términos generales es un proceso destructivo que suele comenzar en el esmalte; si la higiene de una persona es incorrecta la caries habitualmente acaba traspasando la capa de esmalte llegando a la dentina, como esta propiedad no es muy resistente, la caries lleva a cabo un paso devastador infectando la pulpa, lo que ocasiona un dolor intenso y prolongado que afecta el estado físico y emocional de la persona.

## 4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se tienen en cuenta 6 fases que van a ser la base de actividades a realizar.

### **Fase de documentación:**

El primer paso consiste en la recopilación de información apoyada en artículos, libros, revistas y en los sistemas bibliotecarios de la universidad, que permitan generar conocimientos sólidos y estructurales para el desarrollo del proyecto; adicional a esto se requiere hacer un análisis detallado de la información para así facilitar la obtención del material y continuar con las pruebas pertinentes.

### **Fase de obtención y transformación del material**

Luego de realizar un estudio detallado en cuanto a salud oral de los seres humanos, enfermedades dentales junto con la composición, características físicas y mecánicas de los dientes, se procede a adquirir este elemento requerido para el desarrollo del proyecto, en este caso un diente premolar con enfermedad dentaria primaria (caries), el cual se considera adquirir en una clínica odontológica con los certificados correspondientes. Debido al enfoque del proyecto es de vital importancia que el diente tenga caries ya que esto puede afectar las propiedades mecánicas del mismo.

Luego de llevar a cabo la compra del premolar se procede con la generación de corte transversal con el fin de exponer e identificar los componentes internos del mismo se procede a realizar las pruebas necesarias.

### **Ensayo**

Una vez obtenido el diente en corte se procede a realizar la fabricación de pasta para encapsular el mismo y llevar a cabo análisis de la estructura interna, mediante toma de imágenes microscópicas.



## **Análisis de la información**

Una vez terminadas la toma de imágenes microscópicas se procede al análisis de toda la información recopilada a lo largo del desarrollo del proyecto y se realizarán los análisis respectivos bajo elementos finitos ANSYS para dar paso a la conclusión y elaboración del proyecto.

## **Conclusiones y elaboración del documento:**

Una vez finalizado el análisis se procede a realizar las conclusiones del proceso y a elaborar el documento donde muestre el proceso de elaboración de este proyecto y los resultados obtenidos tras las pruebas.

## 5. CRONOGRAMA

Cronograma de actividades																	
Fase	Actividades	Semana															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Documentación	Búsqueda de textos	■	■														
	Compilación de información		■	■													
	Análisis de la información		■	■													
Obtención y transformación del material	Compra o adquisición de premolar con caries				■	■											
	Generación de corte de premolar					■	■										
Ensayos	Preparación de premolar para empastar							■	■								
	Observación microscópica									■	■						
	Toma de imágenes										■	■					
Análisis de la información	Recopilación de información											■	■				
	Modelado mediante elementos finitos, análisis de la información												■	■			
Resultados y conclusiones	Análisis de resultados.														■		
	Redacción del documento															■	■

## 6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

PRESUPUESTO					
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Nº de unidades	Valor de la unidad	Total	Financiación
Autor	hora	150	\$4000	\$ 600.000	Recursos propios
Asesor	hora	50	\$15000	\$ 750.000	Remuneración Universidad
Subtotal:				\$ 1.350.000	
Materia prima					
Descripción	Unidad	Nº de unidades	Valor de la unidad	Total	Financiación
Diente premolar	metro	1	\$ 30.000	\$ 30.000	Recursos propios
Alquiler microscopio	días	15	\$20000	\$ 300.000	Recursos propios
Subtotal:				\$ 330.000	
Total:				\$ 1.680.000	

## 7. Bibliografía

OMS. *Salud bucodental*. [www.who.int](http://www.who.int) [en línea], abril de 2012. Disponible en Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs318/es/>.

Carvajal K. y Bernett G. *Resistencia a la fractura de dientes con raíces debilitadas usando postes con y sin relleno radicular*. Sistemática. Mexico. Revista odontológica mexicana, Distrito Federal, Ciencias Direct (2015), Vol. 19.

Carlos F. Puente M. Suarez D. *Tensiones inducidas en el diente, periodonto y hueso alveolar después de aplicar un movimiento de torque cuando el hueso de soporte esta disminuido: análisis por el método de los elementos finitos*. España, Revista Ortodoncia, Pag 29 (1999).

Serna F. y Rivera M. *Distribución de tensiones mediante el análisis de elementos finitos en dientes restaurados directa e indirectamente después de un tratamiento endodóntico*. ISSN 1812-7886 Revista Kiru (2008), Vol4, Pag 40.

Andrade M. A. *Historia de la Odontología*. <http://mariantheran.blogspot.com.co> [en línea], marzo de 2016. Disponible en Internet: <http://mariantheran.blogspot.com.co/2016/03/historia-de-la-odontologia.html>.

Nasir A. Ahmed R. *Characterization and modeling of a linear variable reluctance motor considering a full range of feasible tooth widths with finite element method*. IEEE, USA. OH, Noviembre (2017).