



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA

**“ANÁLISIS DE TENSIONES CON EL MÉTODO DE ELEMENTOS
FINITOS EN DOS TIPOS DE CONEXIÓN IMPLANTE- PILAR:
HEXÁGONO INTERNO Y RANURADO FRENTE A CARGAS
HORIZONTALES DE 200N”**

Tesis para optar el título profesional de:

CIRUJANO DENTISTA

Presentado por:

Diana Rocio Coronado Barthé (0000-0001-7480-5512)

Asesor:

Martín Andrés Chávez Méndez (0000-0003-2643-1143)

Lima – Perú

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 02 de julio de 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dr. Luis Ernesto Arriola Guillén	<input type="checkbox"/>
Miembro: Mg. Esp. Rubén Gerardo Ángeles López	
Miembro: Mg. Esp. Luis Antonio Ernesto Seminario Molina	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Análisis de tensiones con el método de elementos finitos en dos tipos de conexión implante-pilar: hexágono interno y ranurado frente a cargas horizontales de 200N

Presentada por el estudiante/bachiller:

Diana Rocio Coronado Barthé

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesorada por: Mg. Esp. Martín Andrés Chávez Méndez

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la Carrera de Estomatología en la sustentación, se concluye de:

Manera unánime (X)

Por mayoría ()

Calificar a:

Tesis: Diana Rocio Coronado Barthé			Nota (en letras): DIECISEIS	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()	

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dr. Luis Ernesto Arriola Guillén
Presidente(a) del Jurado
DNI. 40990364



Mg. Esp. Luis Antonio Ernesto Seminario Molina
Miembro 2
DNI. 09871857



Mg. Esp. Rubén Gerardo Ángeles López
Miembro 1
DNI. 10151320



Mg. Esp. Martín Andrés Chávez Méndez
Asesor
DNI. 46538598

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 03 de febrero del 2023

Señor,
Dr. Percy Mayta Tristan

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente.** –

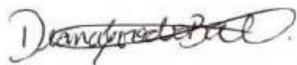
De nuestra consideración,

Yo: Diana Rocio Coronado Barthé, egresado de la carrera de Estomatología de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Martín Andrés Chávez Méndez, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: "Análisis de tensiones con el método de elementos finitos en dos tipos de conexión implante- pilar: hexágono interno y ranurado frente a cargas horizontales de 200N", sustentado para obtener el título de Cirujano Dentista es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos², que afirmamos conocer en su totalidad.

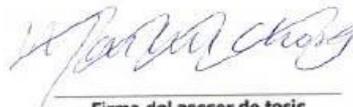
Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI:

46764539



Firma del asesor de tesis
DNI: 46538598

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reqlamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Análisis de tensiones con el método de elementos finitos en dos tipos de conexión implante-pilar: hexágono interno y ranurado frente a cargas horizontales de 200N

Autores. Diana Rocio Coronado Barthé.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 20486069280).

Resultado de la evaluación. 7%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



DEDICATORIA

A mi familia, por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto profesional y personal, velando por mí durante todo este tiempo para convertirme en una profesional, brindándome consejos, guiándome para concluir mi carrera y convertirme en una persona de bien.

ÍNDICE

	Pág.
Título	1
Resumen	2
Abstract	3
I. Introducción	4
II. Materiales y métodos	6
III. Resultados	9
IV. Discusión	11
V. Conclusiones	14
VI. Tablas y figuras	15
VII. Referencias bibliográficas	19
VIII. Anexos	22

ARTÍCULO ORIGINAL ENVIADO A PUBLICAR

“ANÁLISIS DE TENSIONES CON EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN DOS TIPOS DE CONEXIÓN IMPLANTE- PILAR: HEXÁGONO INTERNO Y RANURADO FRENTE A CARGAS HORIZONTALES DE 200N”

“STRESS ANALYSIS USING THE FINITE ELEMENT METHOD IN TWO TYPES OF IMPLANT-ABUTMENT CONNECTION: INTERNAL HEXAGON AND GROOVED AGAINST HORIZONTAL LOADS OF 200N”

Diana Coronado Barthé¹, Martín Chávez Méndez¹

1. Carrera de Estomatología, Universidad Científica del Sur, Lima Perú.

Correspondencia: Martín Andrés Chávez Méndez

Correo: mchavezme@cientifica.edu.pe

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

RESUMEN

OBJETIVO: Revisar la distribución tensional a nivel de pilar e implante frente a cargas horizontales en dos modelos de implante de conexión interna: ranurado y hexágono interno; a través de MEF. **MATERIALES Y MÉTODOS:** Dos modelos de conector interno fueron sometidos a tensión horizontal de 200N. Los diseños de los implantes fueron modelados mediante el software Solid Works 2015. Por medio del software CosmoWorks se pudo obtener los resultados. **RESULTADOS:** El resultado más bajo de mayor tensión ubicado en el implante, sometido a fuerzas horizontales, fue hallado en el (MEF 2) hexágono interno y a la altura del pilar en el (MEF 2) hexágono interno. **CONCLUSIÓN:** El modelo implante ranurado generó menor valor tensional a nivel de pilar e implante cuando es sometido a fuerzas horizontales, evidenciando su mejor distribución de cargas a este nivel.

Palabras claves: *Elementos finitos; Hexágono interno; Ranurado*

ABSTRACT

OBJECTIVE: To review the stress distribution at the abutment and implant level against horizontal loads in two internal connection implant models: slotted and internal hexagon; through MEF. **MATERIALS AND METHODS:** Two internal connector models were subjected to a horizontal tension of 200N. The designs of the implants were modeled using the Solid Works 2015 software. The results were obtained through the Von Mises analysis using the CosmoWorks software. **RESULTS:** The lowest result of greatest stress located in the implant, subjected to horizontal forces, was found in the (MEF 2) internal hexagon and at the height of the abutment in the (MEF 2) internal hexagon. **CONCLUSION:** The slotted implant model generated a lower stress value at the abutment and implant level when subjected to horizontal forces, evidencing its better load distribution at this level.

Keywords: *Finite elements; Internal hexagon; Ranurado*

I. INTRODUCCIÓN

El uso de los implantes dentales es una de las alternativas más recomendadas para reponer espacios edéntulos ya que incrementa la eficacia masticatoria, la satisfacción y la calidad de vida. Se inició en el neolítico y ha ido en evolución.¹⁻⁵ El éxito clínico del implante depende de la osteointegración. Los factores que afectarían la transmisión de la carga al hueso son el tipo de carga, la conexión implante pilar, el interfaz hueso implante, el asiento del implante de tratamiento, la calidad de la prótesis y la propiedad ósea. Las fallas mecánicas de prótesis de implante como un tornillo suelto o fracturado en el pilar o prótesis pueden asociarse con el tipo de conexión implante-pilar.⁶⁻¹¹

Los implantes de conexión interna cuentan con un alto éxito y tasa de supervivencia. Proporcionan estabilidad en cuanto al mantenimiento del hueso marginal. No obstante, dentro del mismo grupo existen subdivisiones de diseños de conexiones internas que cuentan con distintos niveles de tensiones compresivas que a su vez tendrán distintas manifestaciones en el hueso adyacente. Por ello es importante considerar un modelo de implante dental acorde a las características propias de cada paciente.¹²⁻¹⁶

Desde 1970 se cuenta con una herramienta llamada método de elementos finitos (MEF) que ayuda en la investigación de la distribución constante y no dañina de la tensión sobre los tejidos de manera virtual.¹⁷⁻²⁰ Debido a la versatilidad del software, se utiliza en áreas como la aeronáutica, la automovilística; y dentro de la odontología, en ortodoncia, restauradora, y endodoncia.²¹⁻²³ Las propiedades físicas que pondremos a prueba en este estudio serán la tensión y la deformación para determinar qué efectos provocará el implante con respecto a la osteointegración y saucerización.²⁴⁻³⁰

El diseño de los implantes dentales ha ido variando según las necesidades clínicas, científicas y comerciales, entre ellos los de hexágono interno y ranurado.³¹⁻³⁴ Un estudio probó una nueva propuesta de diseño de implante con conexión triangular cónica comparándolo otras conexiones hexágono externo e interno, cono morse y cónica. El MEF y Solidworks bajo 150N de fuerza obtuvo una tensión inferior que fue 18,7Mpa.³⁵

Otro estudio encontró que la tensión límite de Von Mises fue superior en la conexión cónica que en la hexagonal en el lado contralateral de la carga.³⁶

Las tensiones en la unión implante-hueso de un nuevo modelo de conector interna de octodecágono, hexágono interno y cono morse fueron evaluadas con MEF. Un valor inferior de máxima tensión a nivel óseo se dio en el octogonodecágono y en el cono morse, mientras que una máxima en el hexágono interno.³⁷ Otro estudio demostró que tanto el modelo de hexágono interno como el modelo de cono morse de pilar recto presentaron tensiones por debajo del límite fisiológico del tejido óseo con distribución similar de tensiones.³⁸

La intención de la presente investigación fue cfrontar las tensiones fisiológicas el implante y pilar, simulando un par de modelos de implantes con conexión hexágono interno y ranurado utilizando MEF. Se planteó como hipótesis que los implantes con conexión ranurada decrecen la tensión en la zona cervical, si lo comparamos con implantes de conexión hexágono interno, en MEF.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de carácter observacional analizando los resultados en modelos de elementos finitos.

Grupos experimentales:

Los prototipos a desarrollar fueron distribuidos de la siguiente forma:

Prototipo 1: implante dental modelado completamente de titanio (Ti-6Al-4V) de 4,5mm de ancho x 10,5 de largo, al cual le será ensamblado un pilar para el implante de conexión ranurada.

Prototipo 2: implante dental modelado completamente de titanio (Ti-6Al-4V) de forma cónica con conexión hexágono interno, de 4,5mm de ancho x 10,5 de largo, al cual le será ensamblado un pilar para el implante de conexión interna hexagonal.

Criterios de selección

Los criterios de inclusividad fueron i) Diseños elaborados con ayuda del software Solidworks con un mallado completo ensamblado; ii) Modelos con estructura a base de referencias ya establecidas, iii) Características de los materiales que se obtuvieron por medio de los estudios precedentes, por ejemplo, modulo de elasticidad, coeficiente de Poison, coeficiente estructural, hueso.

Capacitación

El estudio de disposición de tensiones compresivas a nivel de implantes dentales se realizó por medio sistema computarizado, conocido cómo MEF. Para la materialización

de este estudio se utilizó el programa “SOLIDWORKS”® Office Premium 2015, “COSMOWORKS”® Office Premium, 2015

Estos prototipos han sido diseñados por un odontólogo, con capacitación certificada en el programa Solid Works 2015®, en la PUCP en el Centro de Tecnología Avanzada (CETAM).

Construcción del modelo

La elaboración de un diseño geométrico tuvo en consideración estas estructuras: hueso, implante de titanio y los conectores: tipo ranurado y hexágono interno. Fue considerada la información correspondiente de las propiedades de los elementos utilizados.

Las piezas a modelar fueron: el implante de titanio (Ti6Al-4V) con sus correspondientes conexiones, pilar de titanio (Ti6Al-4V), hueso alveolar. Todos los implantes fueron modelados como si estuvieran puestos dentro de un conglomerado rectangular de hueso de 20 mm de ancho por 12 mm de alto. Se dividió cada elemento en un número finito de elementos (discretización) conectados entre sí por medio de nodos o nudos, ubicados en las coordenadas X, Y, Z; nombrado al conjunto resultante malla. Se generaron un par prototipos de implantes cónicos de 4,5 mm de ancho por 10,5 mm de largo. Evaluando lo que sigue:

La unión integral entre el implante, hueso y pilar fueron modelados por MEF simulando osteointegración. El módulo de Young de elasticidad (ϵ), y Poisson ratio (ν) de los componentes inmersos en este estudio. Una vez realizados los modelos se consideraron ciertos parámetros con respecto al modelo in vivo donde las condiciones

del entorno estructural son aplicadas con la mayor similitud posible, intentando simular la realidad.

Aplicación de Fuerzas

Después de crear el modelo como un proceso numérico, el inconveniente estructural se resolvió mediante un programa de computadora para obtener resultados de campo de tensión y deformación. Las fuerzas se simulan con el software de elementos finitos COSMOWORKS 2015[®]. La carga fue de 200 Newton aplicada horizontalmente a lo largo de la dirección axial del implante.

Análisis de resultados

La investigación se realizó empleando los valores de tensiones, deformaciones, cizallamiento o dislocaciones; obtenidos. En el estudio tensional se compararon las normotensiones, cardinales y equivalentes de Von Mises (tensión efectiva). Esta investigación fue realizada bajo la premisa de generación de energía interna destacando la utilidad de Von Mises utilizado para hallar resultados. Tomando en cuenta los elementos normotensionales o tensiones compresivas, al igual que las de cizallamiento fueron incluidos en el resultado de la tensión de Von Mises. Esta perspectiva sostiene que una vez superado el valor máximo de energía interna en una zona o nodo específico de la estructura, este se convertirá en un punto frágil que cederá. La unión de las partes será aprobada cuando la tensión de Von Mises no supere el resultado total de la tensión de tracción o compresión.

III. RESULTADOS

En el presente estudio se confrontaron dos modelos de implantes con distintas conexiones: MEF 1: Diseño de implante de conector tipo ranurado y MEF 2: Diseño de implante de conector tipo hexágono interno.

La distribución tensional por medio del análisis de Von Mises a nivel de implante:

La máxima tensión para MEF 1 en cuanto a implante fue de 0,44 Mpa. la cual estuvo presente a nivel del vértice de las ranuras. La mínima tensión para MEF 1 en cuanto a implante fue de $1,97 \times 10^{-7}$, ubicada a nivel de la cara superior de la rosca más apical del implante, éste resultado fue el mínimo obtenido en todo el estudio.

La máxima tensión para MEF 2 a nivel de implante fue de 28,5 Mpa, ubicada en la cara superior del tercio cervical del implante. La mínima tensión para MEF 2 a nivel de implante fue de $1,98 \times 10^{-5}$; la cual estaba distribuida en el vértice de la rosca superior del tercio inferior del implante.

Los resultados anteriormente mencionados se encuentran en la Tabla 1, el detalle de los mismos puede apreciarse mediante la repartición de tensiones de Von Mises, como se muestran en los Gráficos 1 y 2.

El reparto de tensiones a través del análisis de Von Mises a nivel de pilar:

La máxima tensión para MEF 1 a nivel de pilar se presentó a nivel inferior del tercio apical del pilar y fue de 19,3 Mpa. La mínima tensión para MEF 1 a nivel de pilar fue de $0,000426$ Mpa, distribuida en el nivel superior del tercio cervical del pilar.

La máxima tensión para MEF 2 a nivel de pilar, coincide con la máxima tensión del estudio en general y fue de 97,3 Mpa, ubicada en la cara externa a nivel del tercio cervical del pilar. La mínima tensión para MEF 2 a nivel de pilar se ubicó en la cara inferior de la base del pilar y fue de 0,033 Mpa.

Los resultados anteriormente mencionados se encuentran en la Tabla 2, el detalle de estos puede apreciarse mediante el reparto de tensiones de Von Mises, como se muestran en los Gráficos 3 y 4.

IV. DISCUSIÓN

La finalidad de esta investigación fue comparar las tensiones en el implante y en el pilar, en dos modelos de implantes: conector hexágono interno y ranurado, utilizando el análisis de MEF.

Cho et al. investigaron la distribución de tensiones en cuatro condiciones diferentes de interfaz implante-pilar, con conexiones internas. Simularon cuatro diámetros de implante diferentes (entre 3,5mm y 5 mm) y dos tipos de pilar (hexagonal y cónico). Las interfaces de implantación fueron uniformes. Aplicaron carga axial y oblicua de 200N durante la precarga del tornillo del pilar, finalmente midieron las tensiones de Von Mises entre implante-pilar y tornillo-pilar. En los resultados se observó que la tensión en la interfaz implante-pilar: disminuyó cuando el grosor de la pared aumentaba, disminuyó cuando la longitud del implante fue 4,5mm y tuvo máxima tensión a nivel del tope vertical. No hubo diferencia significativa en cuanto a las formas de conexión implante pilar, sin embargo, frente a fuerza oblicua, el diseño cónico presentó distribución ligeramente más favorable que la hexagonal.³⁸

Hanaoka M. Y cols. compararon las tensiones del hueso cortical y trabecular, al haber sido sometidos a fuerzas de 100N (axial) y 50N (oblicua) entre los prototipos de implantes hexágono interno y cono morse, ambos sistemas presentaron tensiones por debajo del límite fisiológico del tejido óseo, con una mayor concentración de tensión cerca del cuello del implante, bajo las dos direcciones de fuerzas aplicadas, con mayores valores en el sistema hexágono interno, al igual que en el presente estudio.³⁹

Carvalho-Formiga M. Y cols. Evidenciaron que al comparar las tensiones entre sistemas de implantes con diferentes tipos de conexiones (hexágono interno con cono morse), aplicando el método de elementos finitos, con una carga de 100N a la cúspide bucal de un segundo premolar inferior en dirección axial y posteriormente con una inclinación de 45° en cada diseño, los resultados de las tensiones generadas bajo cargas oblicuas eran considerablemente mayores que las cargas axiales. En el caso del diseño hexágono interno al ser sometido a carga vertical la concentración de la mayor tensión se dio nivel del cuello del implante independiente a la dirección de la fuerza, además la tensión se fue disipando a través del cuello del implante en dirección apical. Dichos resultados coinciden con los resultados del presente estudio, donde de igual forma, para ambos modelos la tensión a nivel del implante va mermando de cervical a apical.⁴⁰

Dentro de las fortalezas del siguiente estudio se encuentran que los modelos de elementos finitos usados para analizar los diseños de conexiones de implantes dentales, son herramientas que vienen siendo utilizadas desde hace muchos años atrás en distintas investigaciones, con la finalidad de hacer simulaciones virtuales de distintos objetos, antes de ser utilizados en personas, obteniendo resultados muy aproximados a la realidad. Por ser un estudio realizado en simulaciones por computadora, no existió vulnerabilidad de la ética, ya que no fue necesario tomar ninguna población para ser sometida a experimentación. La inversión de tiempo para estudios realizados bajo el método de elementos finitos es corto, en comparación con estudios experimentales que requieran pruebas piloto, calibración, etc. Es económicamente rentable, puesto que solo es necesario procesar y analizar una sola muestra.

Con respecto a las limitaciones del presente estudio se puede afirmar las siguientes; por ser un estudio de elementos finitos en cual se usan simulaciones y teniendo en cuenta que este estudio evaluó tensiones bajo una fuerza determinada, no es posible evaluar factores fisiológicos propios del organismo como reabsorción ósea. Se considera interesante realizar otras investigaciones, que podrían enriquecer este estudio, tomando en cuenta aspectos como considerar nuevos diseños de implantes y someter la muestra a tensiones mayores.

V. CONCLUSIONES

- La tensión compresiva a nivel cervical de los implantes con análisis de Von Mises tuvo menor tensión en el modelo de conexión ranurada y máxima tensión en el modelo de conexión de hexágono interno.
- La tensión compresiva a nivel de pilares con análisis de Von Mises tuvo obtuvo menor tensión en el modelo de conexión ranurada y máxima tensión en el diseño hexágono interno.

VI. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1: Tensión compresiva (Mpa) del implante en los diseños hexágono interno y ranurado al aplicarle una fuerza de 200 N.

TENSIONES COMPRESIVAS EN EL IMPLANTE		
VALORES	MEF1	MEF2
MÁXIMO	0,44	28,5
MÍNIMO	0,000000197	0,0000198

MEF 1: Prototipo de implante con conexión ranurado.

MEF 2: Prototipo de implante con conexión hexágono interno.

Nombre del modelo: RANURADO COMPLETO 200N
Nombre de estudio: Estudio 2E-Predefinido-1
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Gráfico 1: Análisis de Von Mises que evaluó la tensión compresiva (MPa) en el implante con conector ranurado.

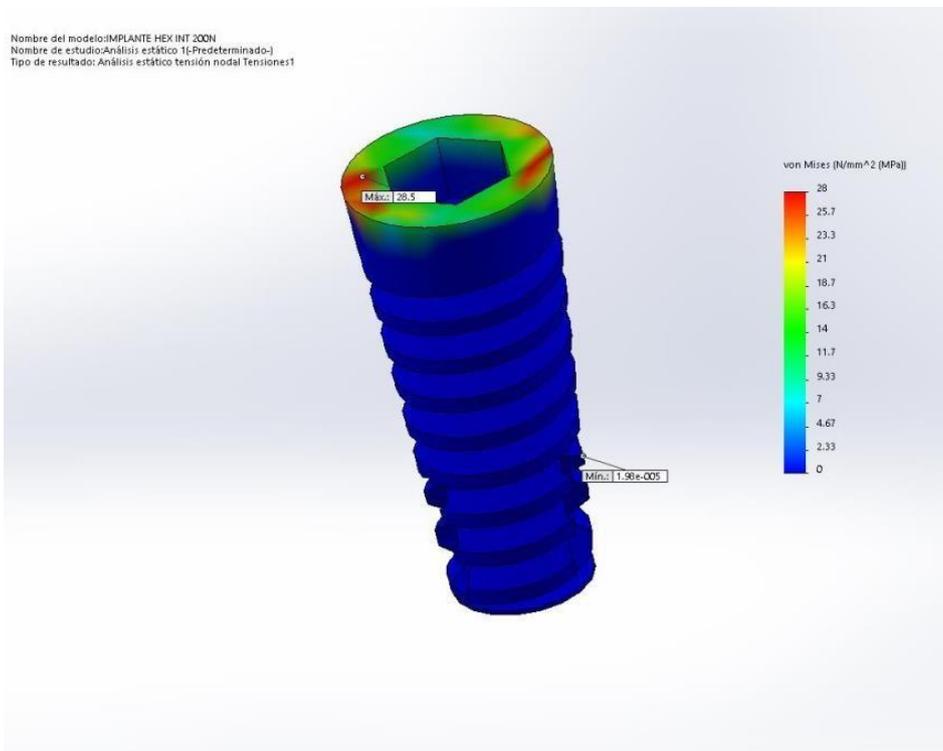


Gráfico 2: Análisis de Von Mises que evaluó la tensión compresiva (MPa) en el implante con conector hexágono interno.

TABLA 2: Tensión compresiva del pilar en los diseños de hexágono interno y ranurado al aplicarle fuerza de 200 N.

TENSIONES COMPRESIVAS EN EL PILAR		
VALORES	MEF1	MEF2
MÁXIMO	19,3	97,3
MÍNIMO	0,000426	0,033

MEF 1: Prototipo de implante con conexión ranurado.

MEF 2: Prototipo de implante con conexión hexágono interno.

Nombre del modelo: RANURADO COMPLETO 200N
Nombre de estudio: Estudio 2I-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

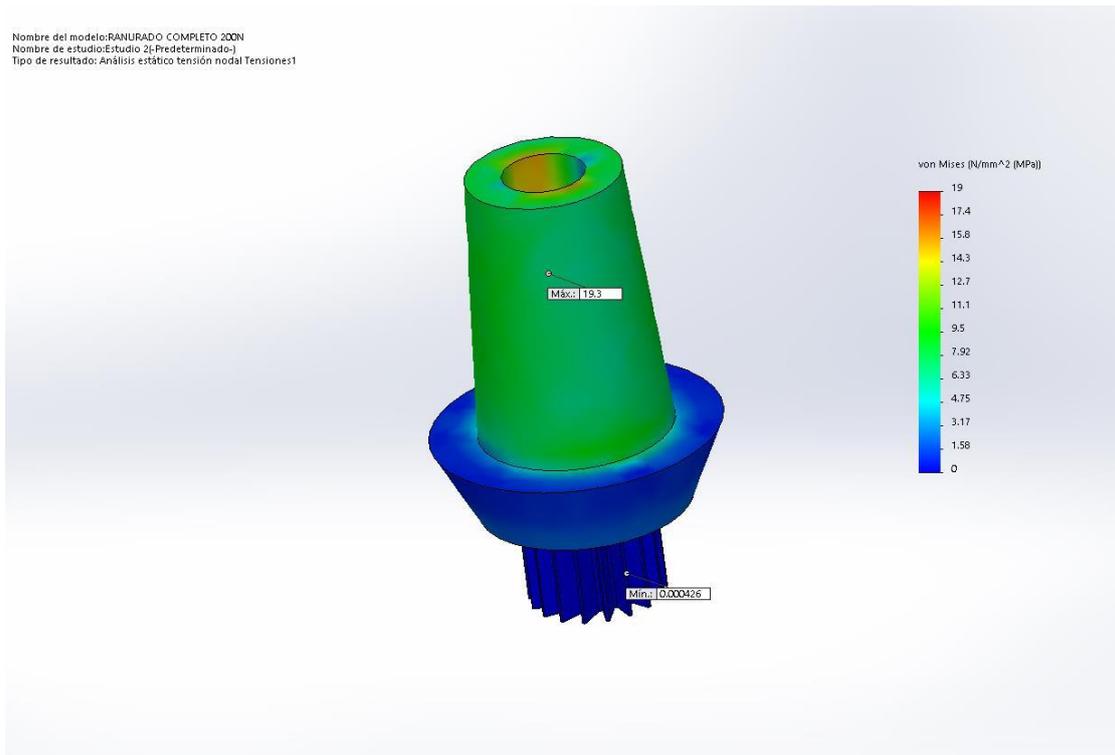


Gráfico 3: Análisis de Von Mises que evaluó la tensión compresiva (MPa) en el pilar con conexión ranurado.

Nombre del modelo: IMPLANTE HEX INT 200N
Nombre de estudio: Análisis estático 1I-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

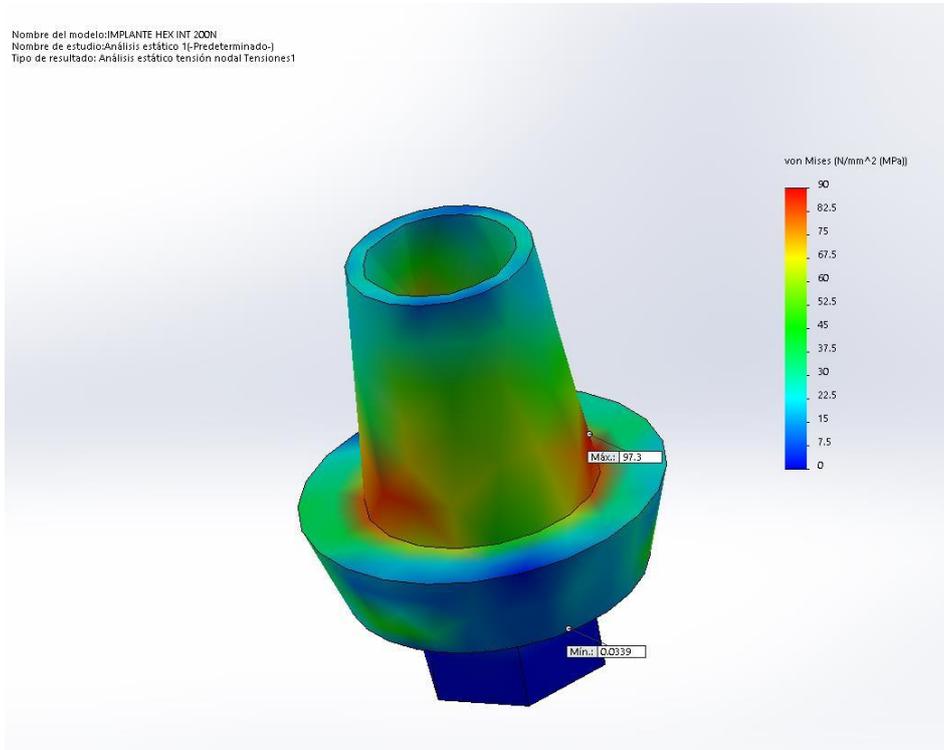


Gráfico 4: Análisis de Von Mises que evaluó la tensión compresiva (MPa) en el pilar con conexión hexágono interno.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albrektsson T, Wennerberg A. The impact of oral implants - past and future. *J Can Dent Assoc.* 2005; 71(5), 327.
2. Block M, Achong R. Dentoalveolar surgery: Osteointegration. *Peterson's Principles of Oral & Maxillofacial Surgery.* People's Medical Publishing House USA Ltd (PMPH); 2001. P. 189-203. *Dentistry & Oral Sciences Source.*
3. DelFabbro M, Taschieri S, et al. Osseointegration of Titanium Implants With Different Rough Surfaces: A Histologic and Histomorphometric Study in an Adult Minipig Model. *PubMED.* 2017; 26(3):357-366.
4. Malchiodi L, Quaranta A. Jaw reconstruction with grafted autologous bone: early insertion of osseointegrated implants and early prosthetic loading. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006. 64:1190-1198.
5. Park JB. Use of mineral trioxide deaggregate in the open apex of a maxillary first molar. Department of periodontology. College of dentistry National. *J Oral Sci.* 2008. 50(3):355-8.
6. Hariprasad A, Kundapur V, et al. A Review on Biomaterials in Dental Implantology. *PubMed.* 2015; V11(3): 113-120.
7. Hammond D, Whitty J. Finite element analysis and dentistry. *Faculty Dental Journal.* 2015; 6(3), 134-13.
8. Torobinejad M, Goodacre C. Endodontic or dental implant therapy: the factors affecting treatment planning. *The journal of the american dental association.* 2006; 137(7):973-7.
9. Prodana M, Bogdan A, et al. Innovative Coatings of Metallic Alloys Used as Bioactive Surfaces in Implantology. 2021; 11(6), 649.
10. Bahat O, Sullivan R. Parameters for successful implant integration revisited part II: Algorithm for immediate loading diagnostic factors. *Clinical Implant Dentistry & Related research.* 2010; 12:13-22.
11. Male E. A root success a guide to implant osseointegration. *Dental nursing.* 13.2015; 16-19.
12. Couto J, Garcia D, Crispim S. (2017). Application of finite elements in dentistry: a literature review. *Journal of Dentistry & Public Health.* 2017; 8(3), 90-93.
13. Huang J, Ban C, Liu Y. Dynamics and risk indicators of intrasinus elevation height following transalveolar sinus floor elevation with immediate implant placement: a longitudinal cohort study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2021; V50: 109-115.
14. Norton M. Marginal bone levels at single tooth implants with a conical fixture design: the influence of surface macro and microstructure. *Clin Oral Impl Res.* 1998; 9:91-99.
15. Amardip K, Jagdip K & Steven B. Alveolar ridge preservation: Why, When and How. *BDJ.* 2019; V227: 264-274.
16. Schultes G, Gaggl A. Historic evaluation of immediate versus delayed placement of implants after tooth extraction. *Oral Surg.* 2001; 92:17-22
17. Albrektsson T, Sennerby L. State of the art in oral implants. *Journal of clinical Periodontology.* 1991; Vol18(6):474-481.

18. Bollen C, et al. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and periimplant mucositis. *Clin Oral Imp Res.* 1996; 7:201- 11.
19. Abrahamsson I, Berglundh T, Wennström J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants Research.* 1996; 7:212-19.
20. Isidor F. Loss of osteointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clinical oral implants research.* 1996; 7:142-52.
21. Courant R, Variational methods for the solution of problem of equilibrium and vibration. *Bull Am Math Soc.* 1943; 49(2):165-2,187.
22. Hammond D, Whitty J. Finite element analysis and dentistry. *Faculty dental journal.* 2015; 6(3):134-39.
23. Shetty P, Hegde A, Rai K. Finite Element Method-An- Effective Research Tool for Dentistry. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2010; 34(3):281-85.
24. Oh T, Yoon J, Misch C, Wang H. The causes of early implant bone loss: Myth or science?. *J Periodontol.* 2002; 73: 322-33.
25. Stegaroiu S, Sato R, et al. Influence of restoration type of stress distribution in bone around implants: A three-dimensional finite element analysis. EBSCO. 1998; Vol13: 82-90.
26. Philip Y-H, Chein L, et al. Finite element analysis of rotary nickel-titanium endodontic instruments: A critical review of the methodology. *European Journal of oral sciences.* 2021; Vol129(5).
27. Orozco M, Villarraga A, Latorre F, Escobar J. Influence of cementation materials in the stress distribution of an upper central incisor restored with posts. A finite element analysis. *Revista de la facultad de odontología de la Universidad de Antioquía.* 2011; 23(1):56-75.
28. Sin-Young K, Ban-Suk K, et al. Occlusal stress distribution and remaining crack propagation of a cracked tooth treated with different materials and designs: 3D finite element analysis. *Dental materials.* 2021; Vol37(4):731-740.
29. Raymond A, Serway y John W. Jewett, Jr. *Physics for science and engineering.* Cengage Learning Editores; 2008; Vol7:3-13.
30. Duraccio D, Mussano F & Faga M. Biomaterials for dental implants: current and future trends. *Journal of materials science.* 2015; Vol50: 4779-4812.
31. Coli P, Christiaens V, et al. Reliability of periodontal diagnostic tools for monitoring peri-implant health and disease. *Periodontology 2000.* Vol73(1): 203-217.
32. Hermann F, Lerner H, Palti A. Factors influencing the preservation of the periimplant marginal bone. *Implant dent.* 2007; 16:165-175.
33. Hartman G, Cochran D. Initial implant position determines the magnitude of crestal bone remodeling. *J Periodontol.* 2004; 75: 572-75.
34. Mohammad A, Freag P, et al. Current technology for identifying dental implants: a narrative review. *Bull Natl Res Cent.* 2021; Vol7: 45.
35. Deporter D, Pilliar R, Toescan R. Managing the posterior mandible of mandible of partially edentulous patients with short, porous surfaced dental implants: early data from a clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Imp.* 2011; 16:653:58.
36. Quaresma S, Cury P, Sendyk C. A finite element analysis of two dental implants: stress distribution in the prosthesis, abutment, implant and supporting bone. *International journal of implantology.* 2008; 24(1):1-6.

37. Ángeles-Muslucán RJ, Dominguez J. A Finite Element Stress Analysis of a Conical Triangular Connection in Implants: A New Proposal. *Materials*. 2022; 15(10): 3680.
38. Cho S, Huh Y, Park J, Cho L. Three-Dimensional finite element analysis of the stress distribution at the internal implant-abutment connection. *The international journal of periodontics & restorative dentistry*. 2015; 36(3):49-58.
39. Hnaoka M, et al. Influence of implant/abutment connection on stress distribution to implant-surrounding bone: a finite element analysis. *Journal of prosthodontics*. 2014; 23(7):565-71.
40. Carvalho M, Inoue R, Zanetti R, Zanetti A. Evaluation using FEM on the stress distribution on the implant, prosthetic components and crown, with cone morse, external and internal hexagon connections. *Dental press implantology*. 2013; 7(3).

VIII. ANEXOS

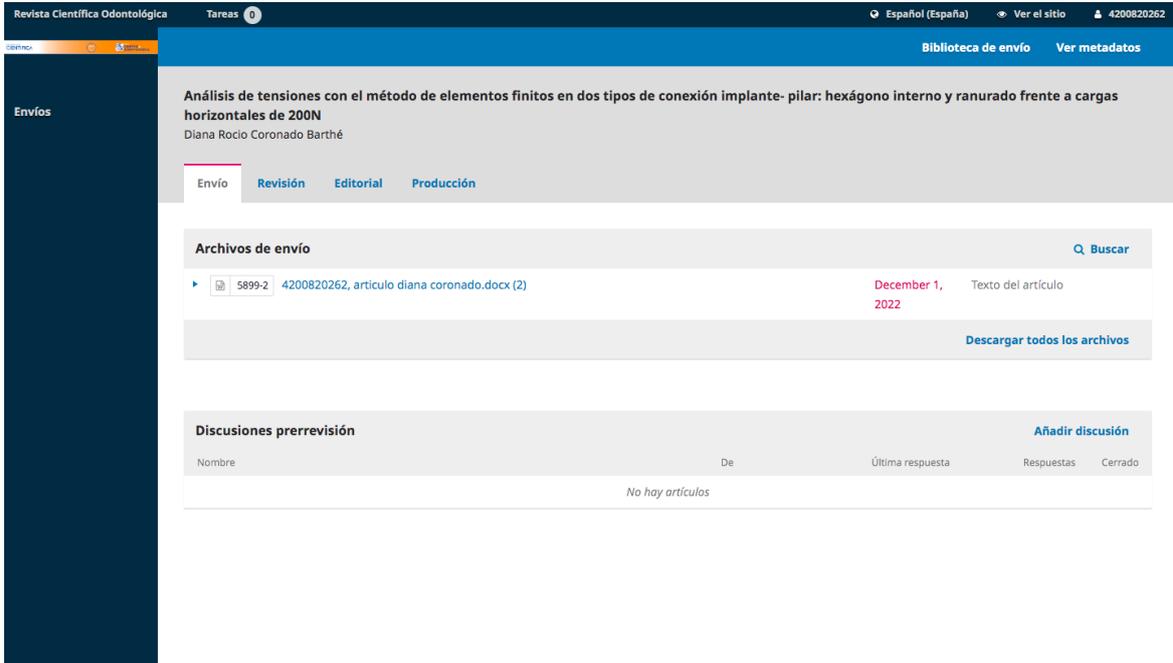
Anexo 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
¿Existirá diferencias de las tensiones compresivas el implante y el pilar en dos diseños de implantes de conexión hexágono interno y ranurado, por medio del análisis de modelos elementos finitos?	Evaluar las tensiones compresivas el implante y el pilar en dos diseños de implantes: conexión hexágono interno y ranurado, por medio del análisis de modelos elementos finitos.	<p>H1. Los implantes con conexión ranurada disminuyen la tensión a nivel cervical, en comparación con los implantes de conexión hexágono interno, por medio del análisis de elementos finitos.</p> <p>H0. Los implantes con conexión ranurada no disminuyen la tensión a nivel cervical, en comparación con los implantes de conexión hexágono interno, por medio del análisis de elementos finitos.</p>	<p>Diseño de investigación: Experimentación virtual</p> <p>Muestra: Modelo 1: Implante de titanio (Ti-6Al-4V) diseñado completamente de titanio, regular (10.5 mm de longitud x 4.5 mm de diámetro) con diseño de conexión tipo Ranurado. Modelo2: Implantedetitanio (Ti-6Al-4V), diseñado completamente de titanio grado cinco, con diseño de conexión hexagonal.</p> <p>Técnicas: El análisis de distribución de tensiones compresivas en los implantes fue realizado por el método computarizado, denominado método de elementos finitos (MEF).</p> <p>Instrumentos: Programa "SOLID WORKS, COSMOWORKS"</p>
	Objetivos específicos		
	1. Evaluar la tensión compresiva a nivel cervical del implante en el modelo del diseño de conexión ranurada.		
	2. Evaluar la tensión compresiva a nivel cervical del implante, en el modelo del diseño hexágono interno.		
	3. Evaluar la tensión compresiva en el pilar, en el modelo del diseño de conexión ranurada.		
4. Evaluar la tensión compresiva en el pilar, en el modelo de conexión hexágono interno.			

Anexo 2. Definición y operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Tipo	Escala de medición	Valores
Tensión compresiva (dependiente)	Magnitud de fuerza aplicada sobre unidad de área. La tensión es una unidad de medida efectiva para conocer la intensidad de la fuerza que soporta un objeto.	Definida como el valor máximo numérico en mega pascales de la deformación del hueso al someterlo a una carga a lo largo de su eje axial.	Valores de escala de Von Misses	Cuantitativa	Continua de razón	Megapascales (Mpa)
Tipos de conexión (independiente)	Características estructurales del implante, forma sistema para la retención de la prótesis.	Parte estructural del implante que permite la aplicación del torque para la inserción del este en el alvéolo y formar sistema antirrotacional de la prótesis	Estructura del implante	Cualitativa	Nominal politómica	Implantes cónicos con conexión hexágono interno (1) Implantes cónicos con conexión ranurado (2)

Anexo 3. Evidencia de envío a revista científica.



The screenshot shows a web interface for a journal submission. The top navigation bar includes the journal name 'Revista Científica Odontológica', a 'Tareas' (Tasks) section with a notification icon, and user information: 'Español (España)', 'Ver el sitio', and the user ID '4200820262'. A secondary bar contains 'Biblioteca de envío' and 'Ver metadatos'. The main content area is titled 'Análisis de tensiones con el método de elementos finitos en dos tipos de conexión implante- pilar: hexágono interno y ranurado frente a cargas horizontales de 200N' by Diana Rocio Coronado Barthé. Below the title are tabs for 'Envío', 'Revisión', 'Editorial', and 'Producción'. The 'Archivos de envío' section lists a document: '5899-2 4200820262, articulo diana coronado.docx (2)' with a submission date of 'December 1, 2022' and the label 'Texto del artículo'. A 'Descargar todos los archivos' button is present. The 'Discusiones prerrevisión' section is currently empty, displaying 'No hay artículos'.