



**MARCADOR DE SUTURAS CORNEALES EN QUERATOPLASTIA  
PENETRANTE: Conceptualización y diseño.**

**HÉCTOR R. SMITH CASTILLA, MD.**

**UNIVERSIDAD DEL SINU SECCIONAL CARTAGENA  
ESCUELA DE MEDICINA  
POSTGRADOS MEDICO QUIRÚRGICOS  
ESPECIALIZACIÓN EN OFTALMOLOGÍA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.  
AÑO 2020**



**MARCADOR DE SUTURAS CORNEALES EN QUERATOPLASTIA  
PENETRANTE: Conceptualización y diseño.**

**HÉCTOR R. SMITH CASTILLA. MD.**

**Oftalmología.**

Tesis o trabajo de investigación para optar el título de  
Especialista en Oftalmología.

**TUTORES**

**Rolando Bechara Castilla MD. Esp. Oftalmología, Cornea y Seg. Anterior.**

**Margarita Ochoa Diaz, MD. MSc. PhD.**

**UNIVERSIDAD DEL SINU SECCIONAL CARTAGENA  
ESCUELA DE MEDICINA  
POSTGRADOS MEDICO QUIRÚRGICOS  
ESPECIALIZACIÓN EN OFTALMOLOGÍA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.  
AÑO 2020**



**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Cartagena, D. T y C., mes de año**



**UNIVERSIDAD DEL**

**Elías Bechara Zainú**

**Escuela de Medicina- Dirección de Investigaciones**

*Cartagena de Indias D. T. y C. 29 de Mayo de 2020*

*Doctor*

*EDWIN ANDRES HIGUITA DAVID*

*Director de Investigaciones*

*UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELIAS BECHARA ZAINUM*

*SECCIONAL CARTAGENA*

*Ciudad*

*Respetado Doctor:*

Por medio de la presente hago la entrega, a la Dirección de Investigaciones de la Universidad del Sinú, Seccional Cartagena, los documentos y discos compactos (CD) correspondientes al proyecto de investigación titulado **“MARCADOR DE SUTURAS CORNEALES EN QUERATOPLASTIA PENETRANTE: Conceptualización y diseño.”**, realizado por el estudiante **“HÉCTOR R. SMITH CASTILLA”**, para optar el título de **“Especialista en OFTALMOLOGÍA”**. A continuación se relaciona la documentación entregada:

- Dos (2) trabajos impresos empastados con pasta azul oscuro y letras Doradas del formato de informe final tipo manuscrito articulo original.
- Dos (2) CD en el que se encuentran dos documentos: el primero es la versión digital del documento empastado y el segundo es el documento digital del proyecto de investigación.
- Dos (2) Cartas de Cesión de Derechos de Propiedad Intelectual firmadas y autenticada por el estudiante autor del proyecto.

Atentamente,

---

Héctor R. Smith Castilla.

**SECCIONAL CARTAGENA**

---

Avenida El Bosque, Transversal 54 No. 30-729 Teléfono: 6810802; E-mail:  
unisinu@unisinucartagena.edu.co





**UNIVERSIDAD DEL**

**Elías Bechara Zainú**

Escuela de Medicina- Dirección de Investigaciones

CC:1067867733

*Programa de Oftalmología*

**SECCIONAL CARTAGENA**

Avenida El Bosque, Transversal 54 No. 30-729 Teléfono: 6810802; E-mail:  
unisinu@unisinucartagena.edu.co





**UNIVERSIDAD DEL**

**Elías Bechara Zainú**

**Escuela de Medicina- Dirección de Investigaciones**

*Cartagena de Indias D. T. y C. 29 de Mayo de 2020*

*Doctor*

*EDWIN ANDRES HIGUITA DAVID*

*Director de Investigaciones*

*UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELIAS BECHARA ZAINUM*

*SECCIONAL CARTAGENA*

*Ciudad*

*Respetado Doctor:*

A través de la presente cedemos los derechos de propiedad intelectual de la versión empastada del informe final artículo del proyecto de investigación titulado **“MARCADOR DE SUTURAS CORNEALES EN QUERATOPLASTIA PENETRANTE”**, realizado por el estudiante **“HÉCTOR R. SMITH CASTILLA”**, para optar el título de **“OFTALMOLOGO”**, bajo la asesoría del Dr. **“ROLANDO BECHARA CASTILLA”**, y asesoría metodológica del Dra. **“MARGARITA OCHOA DIAZ”** a la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena, para su consulta y préstamo a la biblioteca con fines únicamente académicos o investigativos, descartando cualquier fin comercial y permitiendo de esta manera su acceso al público. Esto exonera a la Universidad del Sinú por cualquier reclamo de terceros que invoque autoría de la obra.

Hago énfasis en que conservamos el derecho como autores de registrar nuestra investigación como obra inédita y la facultad de poder publicarlo en cualquier otro medio.

Atentamente,

---

Héctor R. Smith Castilla

CC: 1067867733

Programa de Oftalmología.

**SECCIONAL CARTAGENA**

---

Avenida El Bosque, Transversal 54 No. 30-729 Teléfono: 6810802; E-mail:  
unisinu@unisinucartagena.edu.co



## DEDICATORIA

...A mis padres por darme la vida y enseñarme a trabajar con pasión y significado.  
A mis hermanos por ser mi apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que influyeron positivamente en mi formación académica y personal durante estos años. A mi mentor y tutor, por inculcarme la necesidad de innovar por medio del conocimiento científico.

**MARCADOR DE SUTURAS CORNEALES EN QUERATOPLASTIA  
PENETRANTE: Conceptualización y diseño.**

**CORNEAL – MARKING DEVICE FOR PENETRATING KERATOPLASTY:  
Conceptualization and design.**

Smith Castilla Héctor R. (1)

Bechara Castilla Rolando. (2)

(1) Médico. Residente III año Oftalmología. Escuela de Medicina. Universidad del Sinú EBZ, Seccional Cartagena.

(2) Médico y cirujano. Formación Oftalmólogo Esp, Córnea y Seg. Anterior. Universidad del Sinú EBZ, Seccional Cartagena.

**RESUMEN**

**Introducción:**

Los pacientes sometidos a queratoplastia penetrante (QP) a menudo sufren astigmatismos con rangos intolerables que, a pesar de la supervivencia del botón corneal y el mantenimiento de su transparencia, causan síntomas incómodos que producen insatisfacción en los pacientes<sup>1-3</sup>. El componente astigmático irregular predominante en QP depende principalmente de la técnica de colocación de suturas, representando este, el factor más estudiado y controvertido en la determinación del resultado visual positivo relacionado con este procedimiento<sup>3</sup>.

**Objetivos:** Diseñar un prototipo de marcador de suturas corneales para queratoplastia penetrante con las especificaciones locales.

**Métodos:** conceptualización y el diseño de un marcador de suturas corneales personalizado, con el uso de tecnología de diseño asistido por computadora (CAD).

**Resultados:** Creación de modelo digital en 3d, de marcador de suturas corneales con patrón de suturas customizado.

**Conclusiones:** La tecnología CAD se muestra como una herramienta para lograr mejores resultados visuales post quirúrgicos, mediante la modificación de dispositivos biomédicos, minimizando el riesgo de eventos adversos en la fase de prototipado y estableciendo nuevas líneas de investigación.

**Palabras clave:** Córnea, Queratoplastia Penetrante. Trasplante de Córnea, Astigmatismo, Suturas, marcador de suturas corneales. Diseño Asistido por Computadora.

## **SUMMARY**

**Introduction:** Patients undergoing penetrating keratoplasty (PK) very often suffer astigmatism with intolerable ranges, which despite the survival of the corneal button and the maintenance of its transparency, cause uncomfortable symptoms causing dissatisfaction in patients<sup>1-3</sup>. The predominant irregular astigmatic component in PK is mostly dependent on the technique of suture placement, representing this, the most studied and controversial factor in determining the positive visual result related to this procedure<sup>3</sup>.

**Objective:** Design a prototype corneal suture marker for penetrating keratoplasty with local specifications.

**Methods:** Conceptualization and design of a custom corneal suture marker to local preferences with computer-aided design (CAD) technology.

**Results:** Creation of a digital 3d model of a corneal suture marker with a customized suture pattern.

**Conclusions:** CAD technology is a tool to achieve better visual results after surgery by modifying pre-existed biomedical devices, minimizing the risk of adverse events in the prototyping phase, and establishing new lines of research.

**Key Words:** Cornea, Keratoplasty, Penetrating, Corneal Transplantation, Astigmatism, Sutures, Cornea-marking device, Computer-Aided Design.



## INTRODUCCIÓN

El astigmatismo es una aberración monocromática que aparece cuando la córnea presenta potencias meridionales diferentes, resultando en una proyección irregular de las imágenes sobre la mácula produciendo imágenes borrosas<sup>1</sup>. En la Queratoplastia penetrante (QP), el astigmatismo post quirúrgico puede estar determinado por una serie de factores como: el modo y sitio de trefinación de la córnea (ya sea la donante o del paciente), el afrontamiento de los bordes y la técnica en la que son colocadas las suturas<sup>2</sup>. Si bien la tasa de supervivencia de la QP hoy en día asciende a un 90%, astigmatismos mayores de 5 Dioptrías (D) se encuentran hasta en el 31% de los pacientes trasplantados demorando su rehabilitación y adaptación visual<sup>3</sup>.

Características como la similitud entre la distancia y los ángulos que separan los puntos de sutura y la reproducibilidad exacta de los mismos, son necesarias para obtener mejores resultados visuales. El desalineamiento de las superficies también predispone a errores refractivos, dispersión de luz y retardo en la reparación de la herida, por lo que se opta por marcar la córnea bajo indentación con un instrumento; Estas guías situadas en el lado epitelial de la córnea sirven para situar las suturas cardinales, encargadas de alinear y fijar el botón corneal al lecho receptor con un espesor determinado y alineamiento casi perfecto de las capas corneales<sup>4-6</sup>. La técnica en la segunda línea de suturas varía según la preferencia del cirujano, y todas han probado ser efectivas disminuyendo el astigmatismo post QP<sup>5</sup>

Los patrones de suturas continuas disminuyen dramáticamente el astigmatismo post QP<sup>8,9</sup>; sin embargo, se han logrado conseguir reducciones astigmáticas notables y buenos rangos de agudeza visual corregida (BCAV) con patrones de sutura simples<sup>10</sup>. Las comparaciones para determinar la magnitud del astigmatismo post QP entre los patrones de suturas continuas sencillas y dobles han mostrado no tener diferencias significativas a los 36 meses de seguimiento, a

pesar de una mejoría ligeramente significativa en el grupo de suturas dobles en las primeras fases del estudio<sup>12</sup>. No obstante, la manipulación de las suturas continuas simples podría ser ligeramente superior a las suturas de doble patrón<sup>13</sup>. Otros autores han comparado patrones de suturas combinados con suturas sencillas y dobles, sin diferencias significativas entre un patrón u otro hasta la fecha<sup>14-16</sup>.

El modo de trefinación de la córnea, el afrontamiento de los bordes y la técnica en la que son colocadas las suturas repercuten directamente en el resultado visual del paciente, por lo que el marcado de la anatomía regional por medio de un dispositivo se hace indispensable para el resultado refractivo esperado y replicable en las QP. La validez metodológica de todas estas afirmaciones, los avances en la tecnología de modelado y diseño 3D actuales, hacen considerar al diseño personalizado de marcadores para suturas corneales que se ajusten a los requerimientos de nuestro departamento de córnea y segmento anterior institucional, como el paso a seguir en el camino de la búsqueda de la emetropía en pacientes trasplantados.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Diseño**

Estudio experimental tipo: Modificación tecnológica de nuevos productos usando tecnología CAD. clasificado como: *“investigación sin riesgo”* según el artículo 11 de la resolución 840 de 1993.

### **Población beneficiaria**

Pacientes sometidos a Queratoplastia penetrante (QP) en el Dto. de Cornea y segmento anterior.

### **Herramientas y equipos utilizados**

Ordenador: Acer Nitro 5, 12GB de ram Core i5, con los softwares: Autodesk-AutoCAD® y Autodesk-Inventor® Ver: 2020.

## Resultados

La conceptualización del dispositivo está basada en principios bio-arquitectónicos corneales, teniendo en cuenta diámetros y grosor corneal promedio en la población general, radios de curvatura e histéresis corneal, creando un modelo estructural en 2d usando el Software AutoCAD® (Autodesk Inc.) Ver: 2020 para Windows. **(Fig. No. 10)**.

El patrón de suturas escogido fue un patrón combinado de suturas simples y continuas sencillas, basado en los principios de Hoffman<sup>2</sup> para suturas en cirugía refractiva, distribuyendo así las fuerzas tensionales del patrón de suturas en 8 puntos cardinales y 16 puntos de sutura continua. Se corrigieron las distancias y la angulación del patrón de suturas mediante una simulación computarizada de componente tensil de las suturas, sin superponer las dos líneas de sutura garantizando así la independencia de ambas **(Fig. No. 11)**.

Luego, designamos medidas geométricas a un modelo digitalizado en 3d (Renderizado), usando el Software Inventor® (Autodesk Inc.) Ver: 2020 Para Windows, monitorizando la cinética y la relación de los componentes sólidos de la pieza **(Fig. No. 12)**. Posteriormente se realizó el análisis de dimensionamiento geométrico y de tolerancia (GD&T). En la asignación de materiales decidimos optar por el titanio 6AL4V o 6AL4V ELI, el cual está hecho aleaciones de 6% de Aluminio y 4% de Vanadio, por sus características no tóxicas, anticorrosivas ante fluidos corporales, su durabilidad y relación fuerza/peso, lo que las convierte en la primera elección para instrumental quirúrgico y biomédico como material ortopédico e implantes dentales (Fig No 13).

Creamos un modelo en 3d para realizar un análisis de elementos finitos (FEM); restringiendo primero el dispositivo por el mango, luego se divide el dispositivo en elementos mas pequeños o enmallado del modelo, para aplicar las cargas necesarias para el análisis final de elementos finitos **(Fig No. 14)**. Una vez terminado el análisis, se obtuvieron los desplazamientos y los esfuerzos mostrados en la **Fig No. 15**. El análisis FEM, demostró que la estructura va a sufrir

un esfuerzo máximo de 3.6 MPa al ser presionada sobre la córnea en el punto de menor densidad de material, garantizando su durabilidad y seguridad al momento de su uso. El diseño final comprende un dispositivo de suturas corneales para QP, con una longitud total de 106 mm, con diámetros de marcaje de: 7mm, 7.5mm, 8mm y 8.5 mm y un peso aproximado de: 21 gr (**Fig No. 16**).

## **Instrucciones**

Este dispositivo fue diseñado para marcar la zona de trefinación y una guía para realizar suturas corneales al realizar una queratoplastia penetrante o cualquier otro procedimiento corneal con la necesidad de marcación de meridianos principales.

### ***Instrucciones de uso:***

1. Localice los meridianos principales en la anatomía regional del paciente (**Fig. No. 17**).
2. Con las referencias identificadas en el paciente, deje caer perpendicularmente con la carilla marcadora direccionada hacia la cornea del paciente, realizando ligera presión para asegurar el marcaje regular de la cornea (**Fig. No. 18**).
3. Con el patrón impreso sobre el lado epitelial de la córnea, podemos proseguir con el trefinado de la cornea (**Fig. No. 19**).

## **DISCUSIÓN**

Para el desarrollo de instrumental quirúrgico y biomédico en oftalmología se combinan principios y técnicas de ingeniería con tecnología biomecánica, minimizando la brecha entre la ingeniería y la cirugía ocular<sup>17</sup>. Se requiere de un equipo multidisciplinario para desarrollar la versión final del producto; médicos, ingenieros, investigadores y profesionales biomédicos son necesarios para garantizar la utilidad y seguridad del dispositivo<sup>18</sup>. El avance en la investigación de nuevo instrumental quirúrgico y biomédico viene acompañado de los avances tecnológicos en materiales compuestos y mejorados, además de nuevas metodologías de fabricación. El sondeo de órganos o de tejidos, oclusión, sujeción, sutura, ligadura, marcaje e incisión son algunas de las aplicaciones de

dispositivos quirúrgicos y biomédicos utilizados hoy en día<sup>19</sup>. El diseño de nuestro marcador corneal permite al cirujano realizar un patrón de suturas combinado, con suturas simples marginales y una línea secundaria de suturas continuas con precisión óptima al tener la relación distancia/ángulo de las suturas compensada, mejorando los resultados visuales post quirúrgicos y disminuyendo el tiempo de adaptación, además de ofrecer un marcaje preciso del eje óptico y la zona de trefinación. Por las características del material escogido, el dispositivo podrá ser esterilizado por métodos térmicos o químicos sin comprometer su funcionalidad o durabilidad. Su bajo peso y centro de gravedad compensado ofrecen mejor maniobrabilidad facilitando el posicionamiento del dispositivo.

El mercado de innovaciones biomédicas es muy competitivo y con tendencia a la alta tecnología; el desarrollo de instrumental quirúrgico y biomédico debe ser ajustado y controlado teniendo en cuenta su calidad, funcionalidad, costo de fabricación, factibilidad, rendimiento y seguridad del mismo<sup>20</sup>. Futuras investigaciones son necesarias para determinar la superioridad de este dispositivo sobre otros actualmente existentes en el mercado.

## **CONCLUSIONES**

La tecnología CAD, ha demostrado acortar el tiempo quirúrgico de los procedimientos planeados en base a esta tecnología, además de disminuir costos de funcionamiento para las instituciones prestadoras de salud. El desarrollo de instrumental quirúrgico y piezas biomédicas por medio de esta tecnología podría cambiar drásticamente la satisfacción post quirúrgica en los pacientes sometidos a QP, disminuyendo el astigmatismo residual.

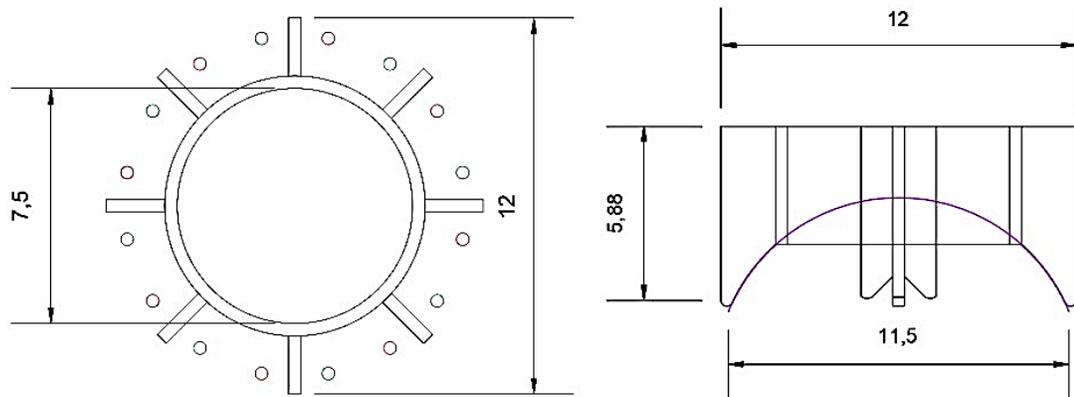
## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Mesa Ramón Ruiz, CAPÍTULO 6 - Entendiendo los defectos de refracción: miopía, hipermetropía y astigmatismo, Óptica para el cirujano Facio-Refractivo, edited by Mesa Ramón Ruiz, 2015, Pages 57-83, ISBN 978-84-9022-956-9, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-84-9022-956-9.50013-X>. (<https://www.clinicalkey.es/#!/content/3-s2.0-B978849022956950013X>).

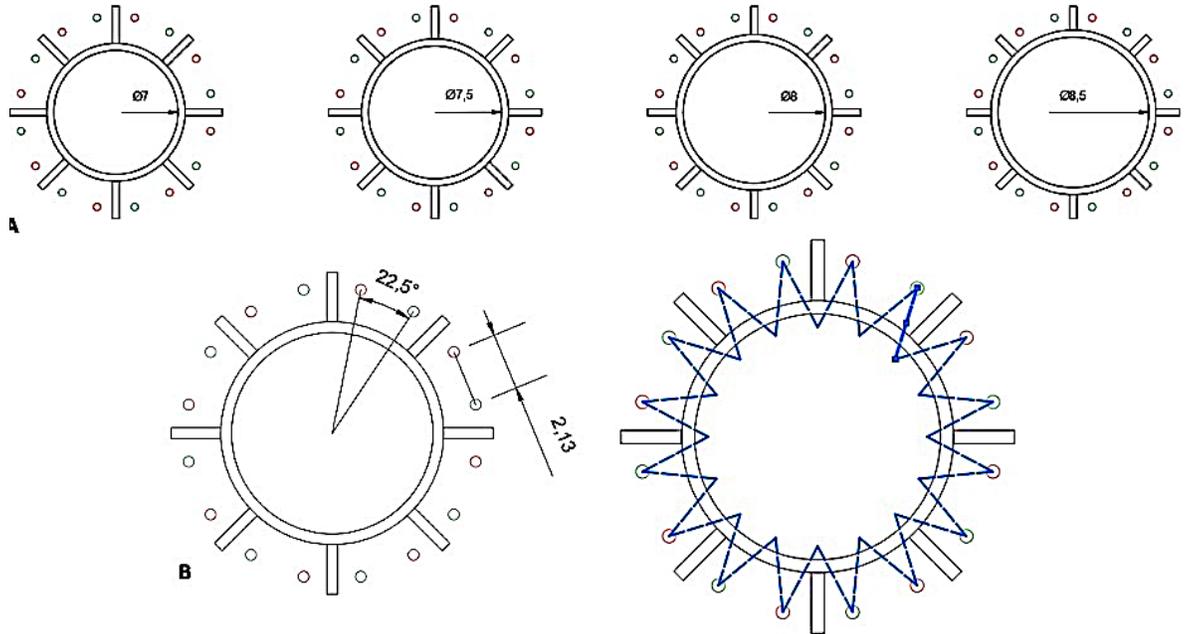
2. Duncker G, Nolle. B. A New Cornea-Marking Device for Penetrating Keratoplasty and Refractive Corneal Procedures [Internet]. Karger.com. 2020 [cited 1 May 2020]. Available from: <https://www.karger.com/Article/PDF/310570>
3. Raghavan A. Postkeratoplasty Astigmatism [Internet]. Delhi Journal of Ophthalmology. 2020 [cited 1 May 2020]. Available from: <https://www.djo.org.in/articles/25/3/postkeratoplasty-astigmatism.html>
4. Spaeth G. Ophthalmic surgery. 4th ed. Edinburgh: Saunders; 2012. <https://www.clinicalkey.es/#!/content/3-s2.0-B9781437722505000217>
5. Fares U, Rahman A, Dua H. Management of post-keratoplasty astigmatism. J Cataract Refract Surg [Internet]. 2012 [cited 2 May 2020];38(11):2029-39. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23079317>
6. Vajpayee R. Evaluation of techniques of single continuous suturing in penetrating keratoplasty. British Journal of Ophthalmology [Internet]. 2001;85(2):134-138. Available from: <https://bjophthamol.com/content/bjophthamol/85/2/134.full.pdf>
7. han Clara C.,Perez Mauricio A.,Verdier David D.,Van Meter Woodford S., Chapter 110 - Penetrating Keratoplasty : The Fundamentals, Cornea (Fourth Edition), edited by Mannis Mark J. MD FACS,Holland Edward J. MD, 2017, Pages 1264-1276, ISBN 978-0-323-35757-9, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-35757-9.00110-2>. (<https://www.clinicalkey.es/#!/content/3-s2.0-B9780323357579001102>).
8. Vail A, Gore S, Bradley B, Easty D, Rogers C, Armitage W. Clinical and Surgical Factors Influencing Corneal Graft Survival, Visual Acuity, and Astigmatism. Ophthalmology [Internet]. 1996;103(1):41-49. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8628559>
9. Busin M, Mönks T, Al-Nawaiseh I. Different suturing techniques variously affect the regularity of postkeratoplasty astigmatism. Ophthalmology [Internet]. 1998;105(7):1200-1205. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9663222>
10. Stainer G, Perl T, Binder P. Controlled Reduction of Postkeratoplasty Astigmatism. Ophthalmology [Internet]. 1982;89(6):668-676. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6750491>
11. Sarhan A, Fares U, Al-Aqaba M, Miri A, Otri A, Said D et al. Rapid suture management of post-keratoplasty astigmatism. Eye [Internet]. 2009;24(4):540-546. Available from: <https://www.nature.com/articles/eye2009146>
12. Spadea L, Cifariello F, Bianco G, Balestrazzi E. Long-term results of penetrating keratoplasty using a single or double running suture technique. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology [Internet]. 2002;240(5):415-419. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12073066>
13. Lin D, Wilson S, Reidy J, Klyce S, McDonald M, Kaufman H et al. An Adjustable Single Running Suture Technique to Reduce Postkeratoplasty Astigmatism. Ophthalmology [Internet]. 1990;97(7):934-938. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2199890>

14. Karabatsas C, Cook S, Figueiredo F, Diamond J, Easty D. Combined interrupted and continuous versus single continuous adjustable suturing in penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* [Internet]. 1998;105(11):1991-1998. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9818595>
15. Javadi M, Naderi M, Zare M, Jenaban A, Rabei H, Anissian A. Comparison of the Effect of Three Suturing Techniques on Postkeratoplasty Astigmatism in Keratoconus. *Cornea* [Internet]. 2006;25(9):1029-1033. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17133048>
16. Serdarevic O, Renard G, Pouliquen Y. Randomized Clinical Trial Comparing Astigmatism and Visual Rehabilitation after Penetrating Keratoplasty with and without Intraoperative Suture Adjustment. *Ophthalmology* [Internet]. 1994;101(6):990-999. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9097797>
17. StarlyB.FangZ.SunW.RegliW.2005Three-Dimensional Reconstruction for Medical-CAD Modeling”, *Journal of Computer-Aided Design and Application*, 2431438
18. ChengA.ChiuP.ChanP.LamS.2004Endoscopic Hemostasis for Bleeding Gastric Stromal Tumors by Application of Hemoclip”, *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical techniques*, 1469171
19. SunW.StarlyB.NamJ.DarlingA.2005Bio-CAD Modeling and Its Application in Computer-Aided Tissue Engineering”, *Journal of Computer-Aided Design*, 3710971114
20. LinH.LoW.ChengY.PengC.2007Endoscopic Hemoclip Versus Triclip Placement in Patients with High Risk Peptic Ulcer Bleed”, *Journal of Gastroenterol*, 102539543
- 21.

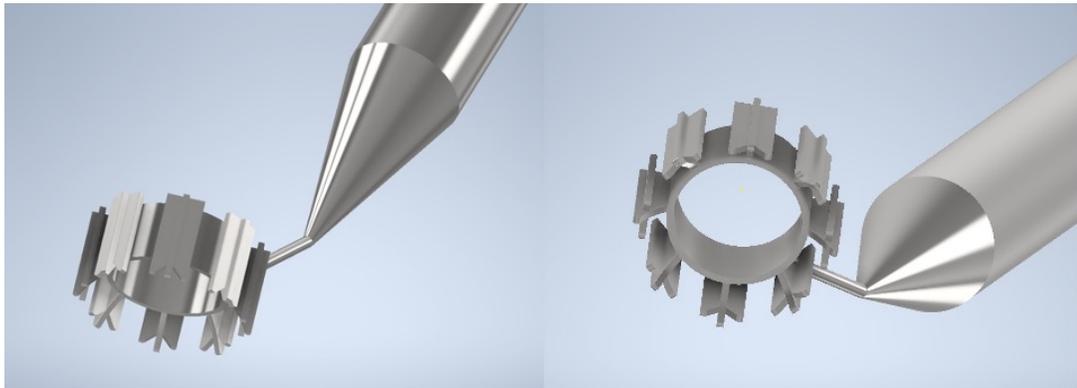
## FIGURAS



**Fig. No. 10:** diseño conceptualizado del marcador corneal propuesto.



**Fig. No. 11: A:** Conceptualización de los diferentes diámetros propuestos para el marcados de suturas. **B:** Distribución de suturas y fuerzas tensiles.



**Fig. No. 12:** Modelo 3d de componentes solidos.

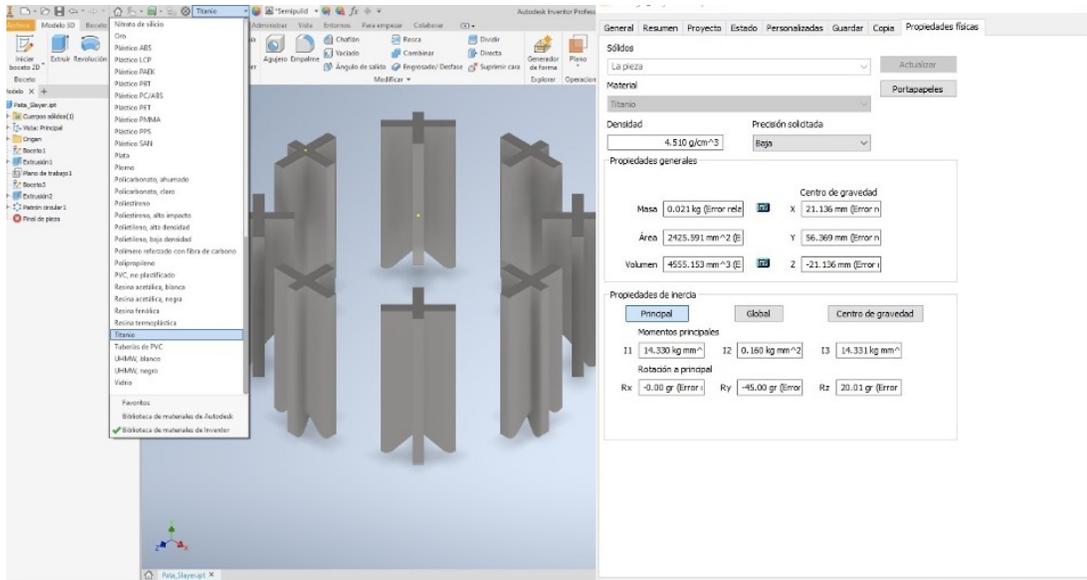


Fig No. 13: Asignación de materiales.

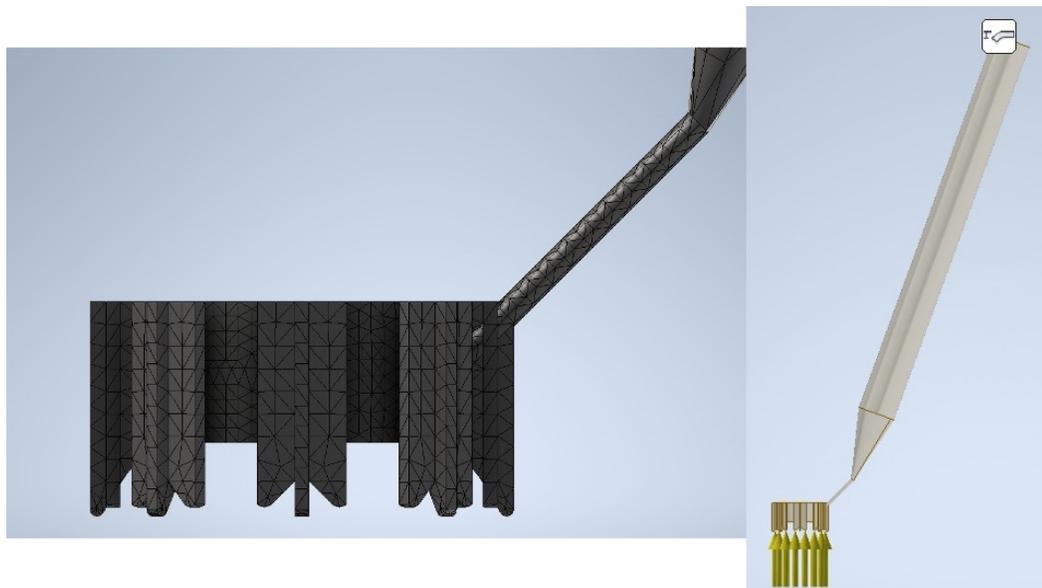
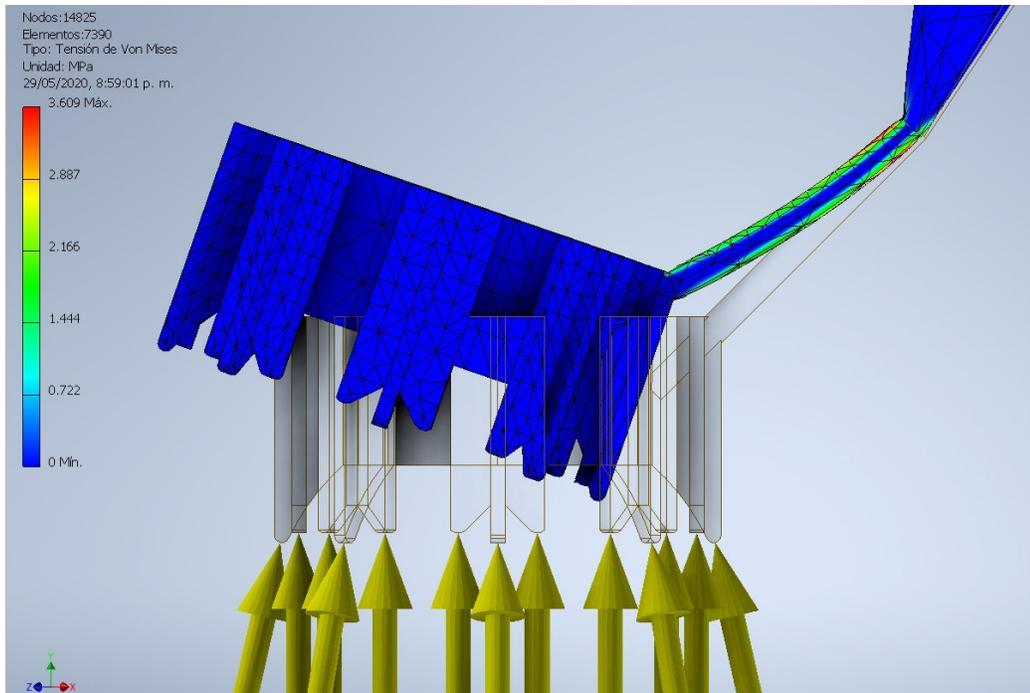
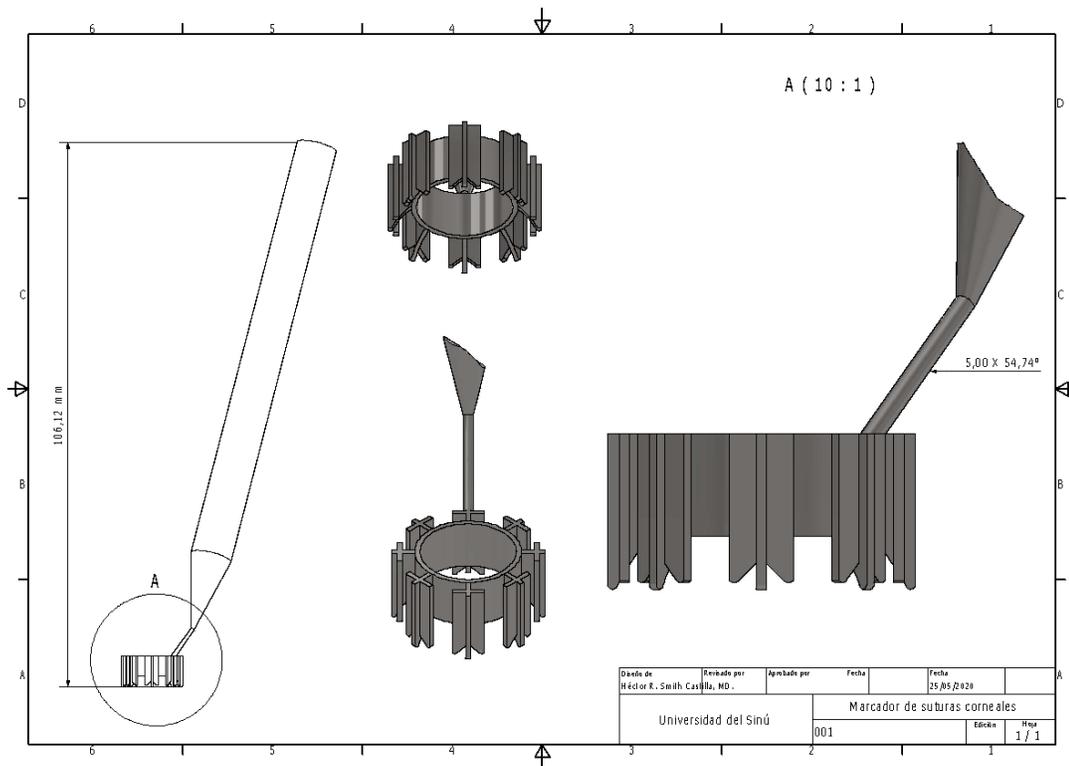


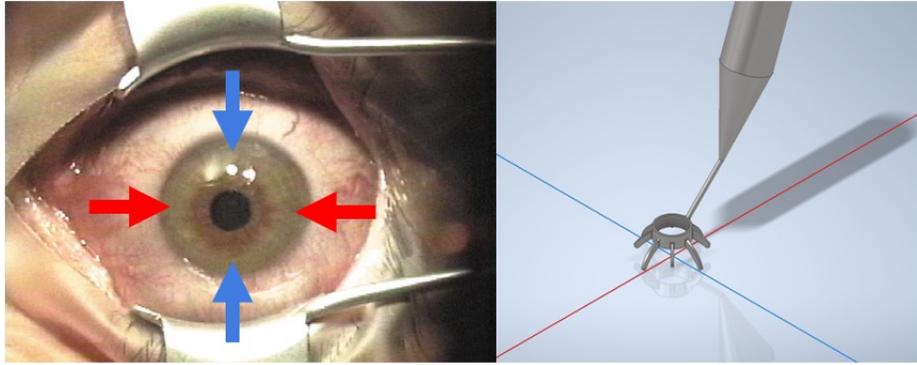
Fig No. 14: Enmallado del diseño y restricción del modelo 3d.



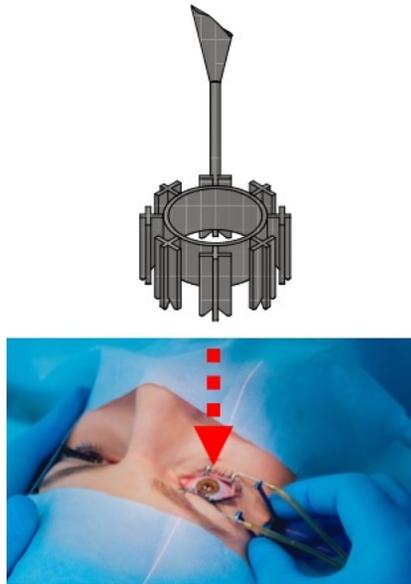
**Fig. No. 15:** Análisis FEM.



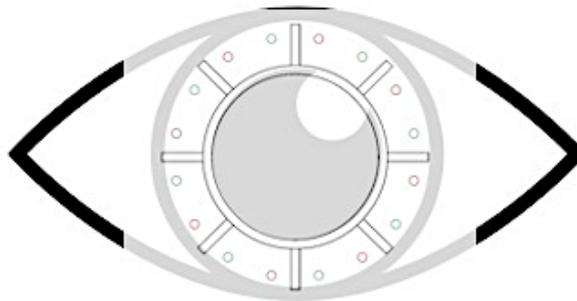
**Fig. No. 16:** Diseño final de marcador de suturas corneales.



**Fig. No. 17:** Meridianos principales como referencia para el marcaje de la cornea.



**Fig. No. 18:** Identificación de puntos de referencia regional y marcaje de la cornea.



**Fig. No. 19:** Patrón de marcaje por indentación.

