



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

ANÁLISIS DE TENSIÓN EN ELEMENTOS FINITOS EN DOS  
TÉCNICAS DE FIJACIÓN INTERNA EN FRACTURAS DE  
ÁNGULO MANDIBULAR BAJO FUERZAS  
PARAFUNCIONALES

FINITE ELEMENT STRESS ANALYSIS IN TWO INTERNAL  
FIXATION TECHNIQUES IN MANDIBULAR ANGLE  
FRACTURES UNDER PARAFUNCTIONAL FORCES

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN CIRUGÍA BUCAL Y MAXILOFACIAL

AUTOR

CARLOS ALBERTO SALINAS HERRERA

ASESORA

ROMY JANET ANGELES MASLUCAN

LIMA – PERÚ

2024



**ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO**

Dra. Esp. Romy Janet Angeles Maslucan

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

ORCID: 0000-0001-9134-7752

Fecha de aprobación: 21 de septiembre del 2024

Calificación: Aprobado

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi querida familia quien es el soporte mental y emocional que me motiva a ser mejor cada día.

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento a la Dra. Esp. Romy Janet Ángeles Maslucan, por su dedicación y compromiso para realizar este trabajo.

## **DECLARACION DE CONFLICTO DE INTERES**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Similitud **6%** Marcas de alerta



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

ANÁLISIS DE TENSIÓN EN ELEMENTOS FINITOS EN DOS  
TÉCNICAS DE FIJACIÓN INTERNA EN FRACTURAS DE  
ÁNGULO MANDIBULAR BAJO FUERZAS  
PARAFUNCIONALES

FINITE ELEMENT STRESS ANALYSIS IN TWO INTERNAL  
FIXATION TECHNIQUES IN MANDIBULAR ANGLE  
FRACTURES UNDER PARAFUNCTIONAL FORCES

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN CIRUGÍA BUCAL Y MAXILOFACIAL

AUTOR

CARLOS ALBERTO SALINAS HERRERA

ASESORA

ROMY JANET ANGELES MASLUCAN

LIMA - PERÚ

2024



Informe estándar [i](#)

Informe en inglés no disponible [Más información](#)

## 6% Similitud estándar

[Filtros](#)

### Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas [i](#)



1 **Publicación**



C. Dissaux, S. Zink, D. Del Pin, A. Baratte. "Ci... <1%

1 bloques de bloques 15 palabra que coinciden

2 **Internet**



docplayer.es <1%

1 bloques de bloques 15 palabra que coinciden

3 **Internet**



hdl.handle.net <1%

2 bloques de texto 12 palabra que coinciden

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Materiales y métodos	5
IV. Resultados esperados	8
V. Conclusiones	9
VI. Referencias bibliográficas	10
VII. Presupuesto y cronograma	13
Anexos	

## RESUMEN

**Introducción:** De todas las fracturas mandibulares, la del ángulo mandibular es la fractura que representa el mayor porcentaje, por ello es importante que haya una adecuada fijación interna en estos casos. Para esto existen diversas técnicas, entre ellas los sistemas de placas con bloqueo y sin bloqueo. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es analizar y comparar la máxima tensión mediante el método de elementos finitos en 2 técnicas de fijación interna para fracturas de ángulo mandibular Técnica 1: técnica de 2 mini-placas convencionales paralelas de 4 agujeros sistema 2.0 y Técnica 2: técnica de 2 mini-placas paralelas de 4 agujeros sistema de bloqueo 2.0 al aplicar fuerzas parafuncionales de 300N en el músculo masetero. **Materiales y métodos:** Se simulará mediante el programa Solidworks una hemimandíbula con fractura a nivel del ángulo. Se evaluarán dos técnicas de fijación: Técnica 1 (sin bloqueo) y Técnica 2 (con bloqueo). **Conclusiones:** Luego de analizar las dos técnicas, nos permitirán conocer cuál de ellas genera menor tensión frente a fuerzas parafuncionales, y ayudará a determinar que técnica será más efectiva para reducir la tensión y ello podría acelerar la regeneración de tejido óseo y reducir el riesgo de complicaciones.

**Palabras clave:** Método de elementos finitos, miniplacas de titanio, fractura mandibular.

## ABSTRACT

**Introduction:** Of all mandibular fractures, the angle of the mandible represents the highest percentage, therefore it is important to have adequate internal fixation in these cases. For this purpose, there are several techniques, including locking and non-locking plate systems. **Objective:** The objective of this study is to analyze and compare the maximum stress using the finite element method in 2 internal fixation techniques for mandibular angle fractures: Technique 1: technique of 2 conventional parallel mini-plates with 4 holes, system 2.0, and Technique 2: technique of 2 parallel mini-plates with 4 holes, system 2.0, when applying parafunctional forces of 300N to the masseter muscle. **Materials and methods:** A hemimandible with a fracture at the angle level will be simulated using the Solidworks program. Two fixation techniques will be evaluated: Technique 1 (without locking) and Technique 2 (with locking). **Conclusions:** After analyzing the two techniques, we will be able to determine which of them generates less tension in the face of parafunctional forces, and will help determine which technique will be more effective in reducing tension, which could accelerate bone tissue regeneration and reduce the risk of complications.

**Keywords:** Finite element method, titanium miniplates, mandibular fracture.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las causas más frecuentes de ingreso por fracturas faciales a emergencias en hospitales es la fractura de ángulo de la mandíbula y es la que conlleva a un mayor número de complicaciones. La fractura de ángulo mandibular es la que presenta un porcentaje mayor dentro de las fracturas mandibulares entre en 23 a 97% (1)(2). Para el tratamiento definitivo de estas lesiones es necesario utilizar la fijación interna con placas y tornillos de osteosíntesis. (1)

Es muy común que existan estas lesiones en agresiones físicas, caídas, accidentes de autos, accidentes industriales, actividades deportivas, por armas de fuego (2). Por eso es importante que haya una adecuada fijación interna cuando se produce la fractura de ángulo mandibular, debido a que sobre esta zona recae fuerzas de tensión y compresión durante la masticación. (3)

Este tipo de fractura es la que tiene un mayor número de complicaciones (0% al 32%) en relación a otras fracturas en el sector de la mandíbula (4). Las fuerzas distractoras de los músculos masticadores hacen que el manejo de las fracturas de ángulo mandibular sea complejo debido a la presencia de las terceras molares inferiores y la inestabilidad de los segmentos fracturados. (5)

Existen diversas técnicas para poder realizar una fijación interna, donde tenemos la osteosíntesis con alambres, una mini placa única en la superficie borde anterior (2,0 mm), una sola placa en el borde inferior (2,3 o 2,7 mm), 2 placas en el borde superior y 1 en el borde inferior, placas geométricas o tirafondos (6). Se debe considerar el tipo de fracturas, ubicación, tamaño, número de dispositivos de fijación, abordaje quirúrgico, adaptación, estabilidad biomecánica y lugar

apropiado para los dispositivos de fijación para poder determinar la técnica de fijación interna adecuadas en las fracturas de ángulo mandibular (7).

Los sistemas de fijación requieren una adaptación precisa de la placa al hueso subyacente, sin contacto íntimo, lo que resulta en la alineación de los segmentos y adecuada relación oclusal. Existen placas de osteosíntesis con bloqueo y sin bloqueo, la estabilidad de las placas sin bloqueo se consigue cuando la cabeza del tornillo comprime la placa de fijación contra el hueso. (7). Los sistemas de mini placas con bloqueo utilizan un tornillo que bloquean no sólo el hueso sino también la mini placa. Dicha fijación se consigue al usar un tornillo con doble rosca. Una rosca se acoplará al hueso y otra se acoplará a un área roscada de la placa de osteosíntesis, por tanto, el sistema de placa de bloqueo tiene la ventaja única de proporcionar un mini fijador interno (7).

Se debe tener en cuenta no solo la fractura mandibular, sino también las fuerzas masticatorias, sobre todo en pacientes que presentan parafunción; para ello se debe evaluar la tensión que generan dichas fuerzas sobre el ángulo mandibular. Dicho análisis se puede realizar mediante el método de elementos finitos.

El método de elementos finitos es una técnica que permite analizar la distribución de tensiones, fue desarrollada originalmente por ingenieros para modelar el comportamiento mecánico de estructuras como edificios, aviones y piezas de motores y también es aplicable a la odontología, aplicado a la cirugía maxilofacial nos permitirá observar y determinar donde se genera la máxima tensión al aplicar fuerzas con los sistemas de osteosíntesis sobre el hueso, ello permitirá mejorar las técnicas y crear diseños más eficientes de sistemas de osteosíntesis (8)(2).

El presente estudio analizará la máxima tensión dos técnicas para la fijación interna

en fracturas de ángulo mandibular que son:

Técnica 1: Técnica de 2 mini-placas convencionales paralelas de 4 agujeros sistema 2.0.

Técnica 2: Técnica de 2 mini-placas paralelas de 4 agujeros sistema de bloqueo 2.0.

Dicho análisis se realizará por el método de elementos finitos (MEF) y se simularan fuerzas masticatorias parafuncionales para determinar que técnica genera menor tensión en el hueso

Tendrá importancia social y clínica porque al determinar que técnica genera menor tensión ayudará evitar complicaciones en el proceso de formación de nuevo callo óseo en el trazo de fractura.

Es por ello que la pregunta de investigación de este proyecto será ¿Cuál de las 2 técnicas de fijación interna tendrá menor tensión en pacientes parafuncionales con fractura de ángulo mandibular?

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Analizar y comparar la máxima tensión mediante el método de elementos finitos en 2 técnicas de fijación interna para fracturas de ángulo mandibular Técnica 1: técnica de 2 mini-placas convencionales paralelas de 4 agujeros sistema 2.0 y Técnica 2: técnica de 2 mini-placas paralelas de 4 agujeros sistema de bloqueo 2.0 al aplicar fuerzas parafuncionales de 300 N en el músculo masetero.

### **Objetivos específicos:**

1. Analizar la máxima tensión mediante el método de elementos finitos en la técnica 1: fijación interna con miniplacas sin bloqueo bajo fuerzas de 300N en el musculo masetero.
2. Analizar la máxima tensión mediante el método de elementos finitos en la técnica 2: fijación interna con miniplacas con bloqueo bajo fuerzas de 300N en el musculo masetero.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Diseño de estudio**

Experimental por medio de simulaciones por MEF

#### **Grupo de estudio**

Está conformado por 2 simulaciones:

Modelo 1: hemimandíbula con fractura mandibular en la cual se le realizara una RAFI con la técnica 1, y se le aplicara fuerzas traccionales simulando al musculo masetero de 300N.

Modelo 2: hemimandíbula con fractura mandibular en la cual se le realizara una RAFI con la técnica 2, y se le aplicara fuerzas traccionales simulando al musculo masetero de 300N.

#### **Criterios de selección**

Modelos que hayan logrado mallarse

#### **Operacionalización de Variables (Anexo 1)**

##### **Dependiente**

Tensión traccional, son las fuerzas que separan o alteran dos interfases como el hueso y las placas de osteosíntesis, se mide en unidades de fuerza.

## **Independiente**

Técnica de fijación interna

1. Técnica de fijación interna con 2 miniplacas paralelas sin bloqueo,
2. Técnica de fijación interna con 2 miniplacas paralelas con bloqueo

## **Técnicas y procedimientos**

Para la simulación mediante análisis de elementos finitos se usará el programa solidworks ®, en el cual se realizará el diseño 3D de una hemi-mandíbula con una fractura mandibular a nivel de ángulo.

Las miniplacas y tornillos de titanio se diseñaron en base a las marcas de la empresa DEPUY SYNTHES, PA, EE. UU ® y se utilizarán dos diferentes técnicas de fijación interna para la osteosíntesis:

Tipo 1: Técnica de fijación interna con 2 mini placas paralelas sin bloqueo,

Tipo 2: Técnica de fijación interna con 2 mini placas paralelas con bloqueo

Los datos de geometría se importaron a solidworks para su pre-procesamiento antes del análisis de elementos finitos (AEF).

Para la simulación se usará el programa cosmoworks, para ello se tomará los datos de las propiedades físicas de los materiales como son: el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson. (Anexo 2)

Se le indica al programa que se aplicará fuerzas traccionales a través del ángulo mandibular de 300N siguiendo el eje de la placa simulando las fuerzas del músculo masetero.

Para obtener los resultados se realizará el Análisis de Von Mises el cual determinará la máxima tensión en la mandíbula y en los componentes de fijación

(mini placas de osteosíntesis con bloqueo y sin bloqueo), adicionalmente nos dará una escala de colores que va del color azul al color rojo, coloreando y determinando las áreas de máxima tensión de color rojo, por tanto, podemos visualizar las zonas y/o áreas de mayor tensión y como estas se distribuyen a través de todo el modelo.

### **Plan de análisis**

Análisis de Von Mises para determinar la máxima tensión

#### **IV. RESULTADOS ESPERADOS**

Desde el punto de vista teórico, este estudio nos permitirá analizar y comparar la tensión en dos técnicas de fijación interna en fracturas de ángulo mandibular bajo fuerzas parafuncionales de 300N.

En base a estudios ya realizados la técnica 2 (con bloqueo) soporta mejor las fuerzas por lo que debería tener menor tensión en las fuerzas parafuncionales.

En el segmento distal de la mandíbula debería observarse una mayor tensión (color rojo).

Desde el punto de vista social, la técnica 2 (con bloqueo) generará menor tensión ayudará evitar complicaciones en el proceso de formación de nuevo callo óseo en el trazo de fractura.

## **V. CONCLUSIONES**

Se concluye que, los resultados luego de analizar las 2 técnicas: técnica de fijación interna con mini placas sin bloqueo y técnica de fijación interna con mini placas con bloqueo permitirán conocer cuál de ellas genera menor tensión frente a fuerzas parafuncionales, esto nos ayudará a determinar que técnica será más efectiva para generar menor tensión y por lo tanto obtener una probable aceleración en la regeneración ósea y reducir las complicaciones post operatorias.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. B. Bohluli et al. Treatment of mandibular angle fracture: Revision of the basic principles. *Chinese Journal of Traumatology* 22 .2019. 117e119.
2. Cleverson Patussi et al. Evaluation of different stable internal fixation in unfavorable mandible fractures under finite element analysis. *Oral and Maxillofacial Surgery*. 2019. 23:317–24
3. Sakong, Yong MD; Kim, Yong-Ha MD, PhD; Chung, Kyu Jin MD, PhD. Analysis of Complication in Mandibular Angle Fracture: Champy Technique Versus Rigid Fixation. *Journal of Craniofacial Surgery* 32(8): p 2732-2735, November/December 2021. | DOI: 10.1097/SCS.00000000000007688
4. Gear et al. Treatment for Mandibular Angle Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2005
5. Kanvar Panesar, Srinivas M. Susarla. Mandibular Fractures: Diagnosis and Management. *Semin Plast Surg*. 2021; 35:238–49
6. Al-moraissi EA. One miniplate compared with two in the fixation of isolated fractures of the mandibular angle. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2015.05.006>
7. Wusiman et al. Management of Mandibular Fractures Using Locking and Nonlocking Miniplates. *The Journal of Craniofacial Surgery* Volume 30, Number 2, March 2019
8. De medeiros et al. In Vitro Mechanical Analysis of Different Techniques of Internal Fixation of Combined Mandibular Angle and Body Fractures. 2015 American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons *J Oral Maxillofac*

- Surg -:1-8, 2016.
9. Alharby et al. Parafunctional Behaviors and Its Effect on Dental Bridges. *J Clin Med Res.* 2018;10(2):73-76
  10. Yan Li et al. Finite element analysis of 3D-printed personalized titanium plates for mandibular angle fracture. *Enero.* 2023;26(1):78-89.
  11. Anoushka Gupta et al. Biomechanical influence of plate configurations on mandible subcondylar fracture fixation: a finite element study. *Medical & Biological Engineering & Computing.* 2023. 61:2581–2591.
  12. Kumar AS et al. Six-hole versus four-hole miniplates in isolated, unilateral angle fracture of the mandible. *Ann Maxillofac Surg.* 2020; 10:16-24.
  13. Vishnani R, Pattanshetti C, Gilani R, Sankeshwari B. New design titanium miniplate versus conventional miniplate in treatment of mandibular angle fractures: A comparative study. *Natl J Maxillofac Surg.* 2023; 14:420-5.
  14. Glória et al. Comparison of Bite Force with Locking Plates versus Non-Locking Plates in the Treatment of Mandibular Fractures: A Meta-Analysis. *Internationa lArchives of Otorhinolaryngology.* 2018. Vol.22 No.2/ 181–189.
  15. Tharakan M. et al. An In vitro study of biomechanical comparison between titanium 4-hole 3D plates and titanium conventional 4-hole miniplates for internal fixation of mandibular angle fractures. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* 12. 2022. 683–686.
  16. Liu et al. A customized fixation plate with novel structure designed by topological optimization for mandibular angle fracture based on finite element analysis. *BioMed Eng Online.*2017.16:131.
  17. Certa M et al. Does a Short Period of Maxillomandibular Fixation Decrease

Complications in Open Reduction Internal Fixation of Mandibular Angle Fractures. Volume 81, Issue 4. April 2023, Pages 406-412.

18. Fahy E et al. Mandibular angle fractures: a demographic review, with particular reference to post-operative complications. *Irish Journal of Medical Science*. 2024 Feb;193(1):533-537.
19. Sharifi S, et al. Treatment Options of Maxillofacial Fractures in Iran: A Comprehensive Systematic Review. *World J Plast Surg*. 2023;12(2):20-28.
20. Stanford-Moore G, Murr A. Mandibular Angle Fractures. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2022 Feb;30(1):109-116.
21. Chatterjee A et al. Comparison of Single Versus Two Non-Compression Miniplates in the Management of Unfavourable Angle Fracture of the Mandible Original Research.
22. Park B. et al. The Stability of Hydroxyapatite/Poly-L-Lactide Fixation for Unilateral Angle Fracture of the Mandible Assessed Using a Finite Element Analysis Model. *Materials*. 2020, 13, 228.
23. Wądołowski P. et al. Finite element analysis of mini-plate stabilization of human mandible angle fracture - a comparative study. *Acta Bioeng Biomech*. 2020;22(3):105-116.
24. Adamović P. et al. Biomechanical analysis of a novel screw system with a variable locking angle in mandible angle fractures. *Med Biol Eng Comput*. 2023 Nov;61(11):2951-2961.
25. Tiwari P, Bera RN, Chauhan N. Magnitude of gonial angle influence on the commonness of mandibular angle fractures. *Ann Maxillofac Surg*. 2020; 10:190-4.

## VII. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

### Presupuesto

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (S/.)</b>	<b>TOTAL</b>
Computadora	1	5000.00	5000.00
Contrato de experto para realizar diseño en solidworks	2	500.00	1000.00
<b>TOTAL</b>			<b>6000.00</b>

### Cronograma

<b>Actividades</b>	<b>Set 2024</b>	<b>Oct 2024</b>	<b>Nov 2024</b>	<b>Dic 2024</b>	<b>Feb 2025</b>	<b>Jun 2025</b>
<b>Presentación del protocolo</b>	<b>X</b>					
<b>Aceptación del protocolo</b>		<b>X</b>				
<b>Diseño de modelos</b>			<b>X</b>			
<b>Mallado de modelos</b>				<b>X</b>		
<b>Aplicación de fuerzas y análisis de Von Misses</b>					<b>X</b>	
<b>Informe final</b>						<b>X</b>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Valores o Categorías</b>
Tensión traccional	Son las fuerzas que separan o alteran dos interfases como el hueso y miniplacas, se mide en unidades de fuerza.	Definida como el valor máximo numérico en mega pascales de la intensidad de la fuerza que soporta el ángulo mandibular y las miniplacas.	Cuantitativa Continua	Valores de escala de von Misses	Razón	Megapascales
Técnica de fijación interna	Es la colocación de alambres, placas, tornillos, varillas, clavos y otros elementos para estabilizar los fragmentos de la fractura.	Definido como el procedimiento a realizar con las dos técnicas explicadas.	Cualitativa apolítica	Presencia de rosca en la placa que genera el bloqueo	Nominal	<p>Técnica 1 2 miniplacas paralelas sin bloqueo</p> <p>Técnica 2 2 miniplacas paralelas con bloqueo</p>

## Anexo 2. Cuadro de módulo de elasticidad y Coeficiente de Poisson (11)

Componentes	Modulo de Young (GPa)			Coeficiente de Poisson		
	Ex	Ey	Ez	Vxy	Vyz	Vxz
Angulo goniaco	20	11	12	0.3	0.3	0.3
Resto de la cortical	17	6.9	8.2	0.3	0.3	0.3
Placas y tornillos (Ti-6Al-4 V)	110	-	-	0.3	-	-