



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rm.v10i4

**USO DE ARCHIVOS DICOM Y STL EN LA
IMPLANTOLOGÍA DENTAL PARA LA
ELABORACIÓN DE MODELOS PRUEBA DE
DENSIDAD ÓSEA, SIMULANDO VALORES FÍSICOS
QUE AYUDEN A SELECCIONAR EL DIÁMETRO Y
CUERDAS DEL IMPLANTE.**

USE OF DICOM AND STL FILES IN DENTAL
IMPLANTOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF BONE
DENSITY TESTING MODELS, SIMULATING PHYSICAL
VALUES TO ASSIST IN SELECTING IMPLANT DIAMETER
AND THREAD DESIGN.

Jeferson Arley Ramiez Mejia
Universidad Westhill

Alejandra Martínez Maldonado
Universidad Westhill

Rodrigo Hernández Girón
Universidad Westhill

Uso de archivos DICOM y STL en la implantología dental para la elaboración de modelos prueba de densidad ósea, simulando valores físicos que ayuden a seleccionar el diámetro y cuerdas del implante.

Jeferson Arley Ramiez Mejia¹

sonriline@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-6463-0396>

Universidad Westhill

México

Alejandra Martínez Maldonado

alejandra.martinez@uw.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4001-1842>

Universidad Westhill

México

Rodrigo Hernández Girón

rodrigo.hernandez@uw.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-8145-1017>

Universidad Westhill

México

RESUMEN

En este estudio proponemos un método experimental para modelar la transformación y simulación de datos DICOM y STL que examina la correlación entre la densidad ósea y la estabilidad primaria del implante dental. El objetivo principal fue crear modelos 3D que exhiban diversas propiedades óseas (D1–D4) y simular condiciones físicas para guiar la elección óptima del diámetro y la geometría del hilo del implante antes de la cirugía. Se realizó un escaneo CBCT utilizando el software 3D Slicer que produce patrones óseos en formato STL. Los modelos y su análisis se realizaron en ANSYS Workbench 2025R1, utilizando el método de elementos finitos para calcular la distribución de tensiones, el par de inserción y el micromovimiento en los diferentes tipos de hueso. Estos resultados demostraron que las densidades D1 y D2 produjeron una mayor rigidez cortical y un par de inserción que se encontraba dentro del rango clínico óptimo (35–45 N·cm), mientras que los huesos D3 y D4 requieren implantes con un diámetro mayor e hilos cuadrados o profundos para minimizar las tensiones críticas y promover la osteointegración. La simulación computacional también proporcionó un mecanismo correlativo de unidades Hounsfield (HU) con valores de estabilidad mecánica al correlacionar tanto la densidad como el rendimiento biomecánico deseado del implante; así, se estableció un factor predictivo de la densidad/rendimiento biomecánico del dispositivo. La integración del flujo de trabajo digital DICOM→STL representa una herramienta clínica y educativa de alto valor; apoya la planificación individual, minimiza el riesgo quirúrgico y mejora el protocolo de implante con respecto al tipo de hueso. Esta propuesta, además, mejora la implantología basada en evidencia y la generación de modelos de simulación para la educación y la experimentación.

Palabras clave: Biomecánica, CBCT (Cone Beam Computed Tomography), Densidad ósea, DICOM (Digital Imaging and Communications in Med

¹ Autor principal

Correspondencia: sonriline@gmail.com

Use of DICOM and STL files in dental implantology for the development of bone density testing models, simulating physical values to assist in selecting implant diameter and thread design.

ABSTRACT

This research proposes an innovative methodological model to analyze the relationship between bone density and the primary stability of dental implants through DICOM and STL file processing and biomechanical simulation. The main objective was to design three-dimensional (3D) bone models that reproduce different bone densities (D1–D4) and allow the preoperative selection of implant diameter and thread geometry under controlled physical conditions. CBCT scans were digitally segmented using 3D Slicer and converted to STL format. The resulting models were edited and analyzed in SolidWorks and Ansys Workbench 2025R1, employing the finite element method to evaluate stress distribution, insertion torque, and micromotion for different bone types. Results demonstrated that D1–D2 bone densities provide higher cortical stiffness and optimal insertion torque (35–45 N·cm), whereas D3–D4 bone types require implants with larger diameters and deep or square threads to improve load distribution and promote osseointegration. The computational simulations also revealed a positive correlation between Hounsfield units (HU) and mechanical stability parameters, supporting the predictive use of digital density data in implant selection. It is concluded that the integration of the digital DICOM→STL workflow represents a valuable clinical and educational tool, enabling personalized planning, risk reduction, and the optimization of implant protocols according to bone quality. This approach strengthens evidence-based implantology and supports the development of simulation models for research and academic training.

Keywords: Biomechanics, CBCT (Cone Beam Computed Tomography), Bone Density, DICOM (Digital Imaging and Communications in Med

*Artículo recibido 20 julio 2026
Aceptado para publicación: 20 agosto 2026*



INTRODUCCIÓN

La implantología actual se encuentra en una etapa de comprobación científica impulsada por la era digital y la ingeniería biomecánica, en la cual prevalece la estabilidad primaria en el implante, marcada generalmente por la densidad ósea y la micro y macro geometría del implante; forman parte de los parámetros para alcanzar el éxito. No obstante, el uso de las tomografías y STL hoy en día todavía presenta algunos fallos. (Ayub et al., 2025; Bayarchimeg et al., 2013a, 2013b; Farré-Pagès et al., 2011)

La conversión de DICOM a STL comienza con la segmentación de la región anatómica de interés y continúa con la generación de isosuperficies (típicamente por algoritmos tipo Marching Cubes) para producir una malla cerrada (“*watertight*”). Después se aplican etapas de post-procesamiento: suavizado controlado para reducir ruido sin perder detalle anatómico, reducción de polígonos (decimación) para hacer el archivo manejable, corrección de autointersecciones, orientación de normales, reparación de agujeros y verificación de manifold. El objetivo es equilibrar fidelidad geométrica y eficiencia de fabricación. (Elsheikh et al., 2025; Hwang et al., 2018; Kernén et al., 2020; Ochandiano et al., 2022; Zarrabi et al., 2025)

En impresión 3D, también se consideran tolerancias, grosor mínimo de pared, orientación de fabricación y elección de material (resinas, nylon, compuestos). Aunque STL es ubicuo, en contextos complejos pueden preferirse formatos más ricos como 3MF o OBJ (con textura/colores) o incluso mallas volumétricas (VTK) para análisis previos a la manufactura. (Alqahtani et al., 2023a, 2023b; Saini et al., 2024)

Podemos plantearnos en este orden de ideas que el uso de tomografías y modelos STL o escaneos intraorales y faciales ayuda hoy en día a ser más predecible la colocación de un implante de manera específica e individual, pero reproduciendo en tres dimensiones los modelos y categorizando de manera general la densidad ósea, creando porcentajes para la aplicación quirúrgica. Estos archivos y modelos pueden ser utilizados de forma práctica y precisa para integrar un tratamiento aún más predictivo hoy en día, siendo una herramienta indispensable para lograr el éxito de nuestros tratamientos quirúrgicos. (Bayarchimeg et al., 2013; Marquezan et al., 2012)

La aplicación del método de elementos finitos (MEF) en implantología permite analizar la distribución de tensiones y deformaciones en función de la densidad ósea, el diámetro, la longitud y el tipo de cuerda



del implante. Estudios recientes demuestran que las simulaciones computacionales predicen con alta correlación los resultados clínicos de torque e ISQ, contribuyendo al diseño de protocolos más precisos y personalizados. (Qiu et al., 2024)

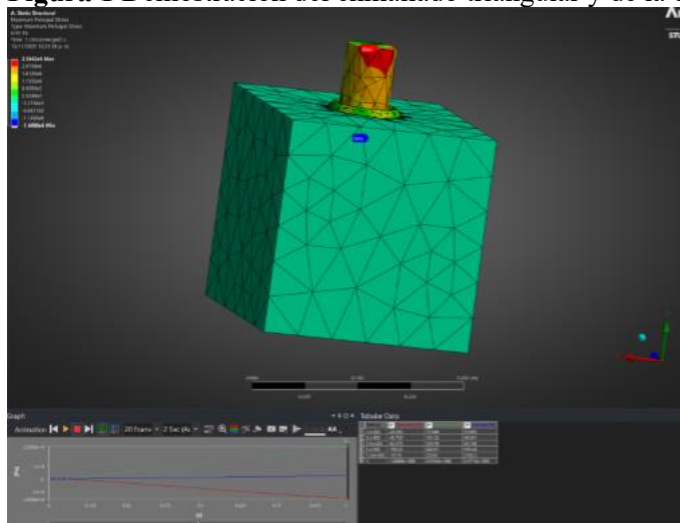
El presente trabajo busca integrar herramientas digitales de modelado, segmentación y simulación biomecánica para crear modelos de densidad ósea estandarizados que sirvan como referencia en la selección del implante ideal; de esta manera se promueve un enfoque interdisciplinario que une la ingeniería con la práctica odontológica, fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia y fomentando la enseñanza práctica mediante entornos digitales de alta fidelidad. (Leblebicioğlu Kurtuluş et al., 2022)

METODOLOGÍA

En el diseño del estudio se realizó una investigación tecnológica con aplicación experimental y enfoque biomecánico basado en el procesamiento de imágenes tomográficas y simulaciones computacionales, se utilizaron los estudios de tomografía computarizada (CBCT) obteniendo parámetros de densidades que posteriormente fueron exportados y clasificados en D1, D2, D3 y D4. Consecutivamente, se aislaron los tejidos por densidades generando modelos volumétricos representativos del maxilar y mandibular en una malla o en un formato de STL con el modelo tridimensional, obteniendo archivos modificados para simular las diferentes densidades óseas basadas en rangos comunes y escritos de la literatura implantológica, siempre con el objetivo de reproducir escenarios donde encontramos los huesos de alta, media y baja densidad.

Sobre estos modelos se posicionaron los implantes Adin con la macrogeometría de los diámetros y cuerdas disponibles al mercado de hoy y se realizó una prueba mecánica con las variaciones, en una comparación objetiva de rotación para así lograr obtener el torque ideal y el máximo torque al momento de realizar el tratamiento quirúrgico antes de sobrepasar ese punto de flexión ósea y lograr establecer patrones de comportamientos biomecánicos asociados al diseño del implante. Donde podemos replicar con exactitud las propiedades físicas del hueso real y evaluar los implantes mencionados de conexión interna con diámetros establecidos.

Figura 1 Demostración del enmallado triangular y de la deformación ósea.



Se utilizaron modelos CAD de estos implantes dentales, seleccionando variaciones en diámetro (3.3, 3.75, 4.0 y 4.5 mm) y longitud estandarizada de 11.5 mm. Se evaluaron distintos diseños de macrogeometría de la cuerda (afilada, cuadrada y profunda) para determinar su influencia en la estabilidad según la densidad del bloque receptor. La elección de estos diseños responde a la necesidad clínica de adaptar la geometría del implante a la calidad ósea disponible.

El análisis biomecánico se ejecutó mediante el Método de Elementos Finitos (MEF) en el software ANSYS Workbench 2025R1. Se configuró una simulación de carga torsional aplicando un momento de 35 a 60 N sobre la cabeza del implante, con la base del bloque óseo completamente restringida en los ejes X, Y y Z, los vértices y mallas en la interfaz hueso-implante con elementos tetraédricos refinados (0.1–0.2 mm) para capturar con precisión las tensiones de contacto. Las variables de salida incluyeron la deformación angular, el esfuerzo cortante (MPa) y el torque resultante, sirviendo como indicadores directos de la estabilidad primaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del procesamiento de las tomografías (CBCT) se generaron cuatro modelos de bloques óseos con representaciones de las densidades D1 a la D4. El análisis de segmentación reveló una distribución heterogénea de la densidad, donde los modelos mandibulares mostraron un dominio de voxels compatibles con densidades D1 (29.42%) y D2 (33.31%), mientras que los modelos maxilares presentaron mayores porcentajes de hueso tipo D3 (31.93%) y D4 (27.12%) como se observa en la Tabla 1. Esta distribución validó la fidelidad de los modelos virtuales respecto a la anatomía clínica esperada

en los procedimientos quirúrgicos logrados en las clínicas.

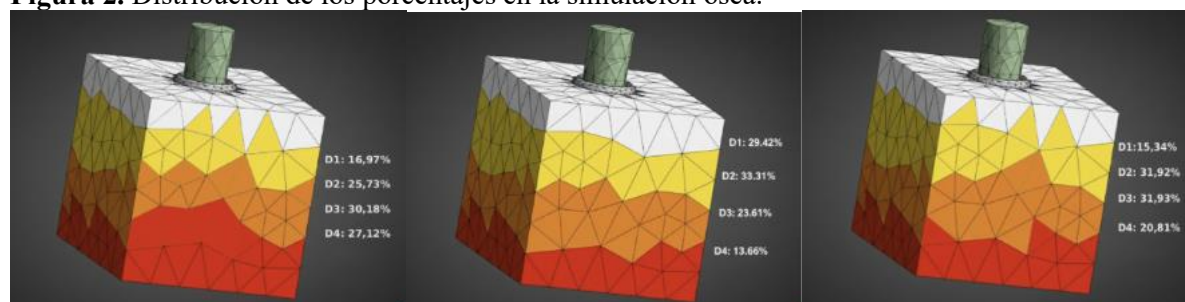
Porcentaje de densidades de la tabla 1

Tabla 1. Porcentaje Densidades

PORCENTAJE	D1 VX	D2 VX	D3 VX	D4 VX	TOTAL, VX
CBCT 1 hombre mandíbula	2679345	3034301	2150233	1244556	9108435
CBCT 1 hombre maxilar	1234435	2567854	2568562	1674455	8045306
CBCT 2 mujer maxilar	1369884	2076571	2435665	2188929	8071049
	%	%	%	%	
CBCT 1 hombre mandíbula	29,42%	33,31%	23,61%	13,66%	
CBCT 1 hombre maxilar	15,34%	31,92%	31,93%	20,81%	
CBCT 2 mujer maxilar	16,97%	25,73%	30,18%	27,12%	

Simulaciones Oseas de CBCT en ANSYS

Figura 2. Distribución de los porcentajes en la simulación ósea.



Las simulaciones de torque mostraron una correlación positiva entre la densidad ósea y la estabilidad primaria. En los modelos de alta densidad (D1 y D2), los implantes alcanzaron consistentemente valores de torque de 45+ N con bajos niveles de micromovimiento. Por el contrario, en los escenarios de baja densidad (D3 y D4), el torque de inserción disminuyó significativamente a rangos de 30-38 N.

Cabe resaltar que se observa una tendencia clara respecto a la macrogeometría: los implantes con diámetros mayores (≥ 3.75 mm y 4.0 mm) y diseños de rosca profunda o cuadrada generaron una mejor distribución de tensiones y mayor torque en huesos tipos D3 y D4 en comparación con los implantes de 3.3 mm o roscas afiladas. La deformación angular fue notablemente mayor en el hueso D4, lo que sugiere que en estas densidades el diseño del implante juega un papel compensatorio crítico para

alcanzar la estabilidad necesaria para la carga, dando como énfasis final la predictibilidad de la simulación en el Ansys, comparándola con la colocación in vitro de los implantes en la clínica, reafirmando el fundamento predecible de aplicar este tipo de protocolos sistemáticos a la aplicación diaria y cotidiana de la clínica implantológica.

CONCLUSIONES

Los hallazgos y la comparación demuestran que la integración del flujo digital DICOM→STL con simulaciones biomecánicas desarrolladas con el método de elementos finitos es una herramienta reproducible y relevante en la planificación de implantes. La simulación de modelos óseos en densidades D1–D4 ofrece una oportunidad para evaluar el comportamiento mecánico del dispositivo en la interacción implante-hueso, de manera concreta y precisa.

El análisis puede ver claramente las variaciones de los torques logrados y también predecir con mayor precisión el torque final a lograr para maximizar la integración y minimizar riesgos, por lo que el alcance del factor de simulación ósea puede controlarse y en el futuro puede ajustarse de acuerdo con un programa con IA para realizar mediciones estandarizadas según el implante, la densidad ósea, etc., para un resultado individualizado altamente preciso y detallado en la biomecánica con parámetros medibles. Hubo una relación bien establecida entre la densidad ósea obtenida a través de CBCT, el análisis mecánico obtenido por simulación (torque, micromovimiento, distribución de tensiones) y los torques clínicos observados en el procedimiento real de implante. Esto verifica que la simulación computacional puede actuar como un predictor preciso del comportamiento biomecánico del implante, proporcionando una visión preoperatoria más realista, anticipando que el uso de esta tecnología permitirá procedimientos automatizados de selección de implantes y en escenarios clínicos con mayor tasa de éxito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alqahtani, A. R., Desai, S. R., Patel, J. R., Alqhtani, N. R., Alqahtani, A. S., Heboyen, A., Fernandes, G. V. O., Mustafa, M., & Karobari, M. I. (2023a). Investigating the impact of diameters and thread designs on the Biomechanics of short implants placed in D4 bone: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03370-8>
- Alqahtani, A. R., Desai, S. R., Patel, J. R., Alqhtani, N. R., Alqahtani, A. S., Heboyen, A., Fernandes, G. V. O., Mustafa, M., & Karobari, M. I. (2023b). Investigating the impact of diameters and thread



- designs on the Biomechanics of short implants placed in D4 bone: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03370-8>
- Ayub, F. A., Sunarso, S., & Dewi, R. S. (2025). The Influence of Implant Macro-geometry in Primary Stability in Low-Density Bone: An in vitro Study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 15(2), 134-143. https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_155_24
- Bayarchimeg, D., Namgoong, H., Kim, B. K., Kim, M. D., Kim, S., Kim, T. Il, Seol, Y. J., Lee, Y. M., Ku, Y., Rhyu, I. C., Lee, E. H., & Koo, K. T. (2013a). Evaluation of the correlation between insertion torque and primary stability of dental implants using a block bone test. *Journal of Periodontal and Implant Science*, 43(1), 30-36. <https://doi.org/10.5051/jpis.2013.43.1.30>
- Bayarchimeg, D., Namgoong, H., Kim, B. K., Kim, M. D., Kim, S., Kim, T. Il, Seol, Y. J., Lee, Y. M., Ku, Y., Rhyu, I. C., Lee, E. H., & Koo, K. T. (2013b). Evaluation of the correlation between insertion torque and primary stability of dental implants using a block bone test. *Journal of Periodontal and Implant Science*, 43(1), 30-36. <https://doi.org/10.5051/jpis.2013.43.1.30>
- Elsheikh, S. A., El-Anwar, M. I., Hong, T., Bourauel, C., Alhotan, A., Anany, N. M., Shahin, I. G., Diab, A. H., & Elshazly, T. M. (2025). Biomechanical Analysis of Various Connector Designs of Dental Implant Complex: A Numerical Finite Element Study. *International Dental Journal*, 75(4). <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.100873>
- Farré-Pagès, N., Augé-Castro, M. L., Alaejos-Algarra, F., Mareque-Bueno, J., Ferrés-Padró, E., & Hernández-Alfaro, F. (2011). Relation between bone density and primary implant stability. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 16(1). <https://doi.org/10.4317/medoral.16.e62>
- Hwang, J. J., Jung, Y. H., & Cho, B. H. (2018). The need for DICOM encapsulation of 3D scanning STL data. En *Imaging Science in Dentistry* (Vol. 48, Número 4, pp. 301-302). Korean Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. <https://doi.org/10.5624/isd.2018.48.4.301>
- Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., & Flügge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery - Data import and visualization, drill guide design and manufacturing. En *BMC Oral Health* (Vol. 20, Número 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>



- Leblebicioğlu Kurtuluş, I., Kilic, K., Bal, B., & Kilavuz, A. (2022). Finite Element Analysis of the Stress Distribution Associated With Different Implant Designs for Different Bone Densities. *Journal of Prosthodontics*, 31(7), 614-622. <https://doi.org/10.1111/jopr.13539>
- Marquezan, M., Osório, A., Sant'Anna, E., Souza, M. M., & Maia, L. (2012). Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 23(7), 767-774. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2011.02228.x>
- Ochandiano, S., García-Mato, D., Gonzalez-Alvarez, A., Moreta-Martinez, R., Tousidonis, M., Navarro-Cuellar, C., Navarro-Cuellar, I., Salmerón, J. I., & Pascau, J. (2022). Computer-Assisted Dental Implant Placement Following Free Flap Reconstruction: Virtual Planning, CAD/CAM Templates, Dynamic Navigation and Augmented Reality. *Frontiers in Oncology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.754943>
- Qiu, P., Cao, R., Li, Z., & Fan, Z. (2024). A comprehensive biomechanical evaluation of length and diameter of dental implants using finite element analyses: A systematic review. En *Heliyon* (Vol. 10, Número 5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26876>
- Saini, R. S., Bavabeedu, S. S., Quadri, S. A., Gurumurthy, V., Kanji, M. A., Kuruniyan, M. S., Binduhayyim, R. I. H., Avetisyan, A., & Heboyan, A. (2024). Impact of 3D imaging techniques and virtual patients on the accuracy of planning and surgical placement of dental implants: A systematic review. En *Digital Health* (Vol. 10). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/20552076241253550>
- Zarrabi, A., Pérez-Sevilla, M., Rivas-Navazo, F., Latorre-Carmona, P., & Fernández-Zoppino, D. (2025). Protocol for Converting DICOM Files to STL Models Using 3D Slicer and Ultimaker Cura. *J. Pers. Med*, 15, 118. <https://doi.org/10.3390/jpm>

