



**Universidad  
Europea**

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

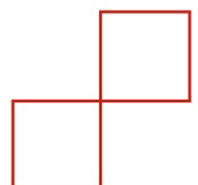
Curso 2024-2025

**“Estudio de la estabilidad primaria de  
implantes colocados en hueso de baja  
densidad: influencia de la macroestructura,  
la técnica de colocación y la forma de  
medición”**

*Revisión sistemática*

*Presentado por: **Alessandro Monaca***

*Tutor: **Sónica Galán Gil***





## ÍNDICE

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. RESUMEN .....</b>                                                                | <b>1</b>  |
| <b>2. ABSTRACT .....</b>                                                               | <b>3</b>  |
| <b>3. PALABRAS CLAVES.....</b>                                                         | <b>6</b>  |
| <b>4. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                           | <b>8</b>  |
| 4.1 Generalidades .....                                                                | 8         |
| 4.2 Principios de osteointegración .....                                               | 9         |
| 4.3 Estabilidad primaria del implante dental .....                                     | 10        |
| 4.4 Calidad y densidad ósea .....                                                      | 12        |
| 4.5 Diferentes técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho quirúrgico .....     | 13        |
| 4.5.1 Infra-fresado .....                                                              | 13        |
| 4.5.2 Uso de osteótomos .....                                                          | 14        |
| 4.5.3 Fresas de osseodensificación .....                                               | 15        |
| 4.6 Estructura macroscópica del implante y su impacto en la estabilidad primaria ..... | 17        |
| 4.7 Métodos de medición de la estabilidad primaria del implante .....                  | 18        |
| <b>5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.....</b>                                               | <b>22</b> |
| 5.1. Justificación General.....                                                        | 22        |
| 5.2. Justificación relacionada con ODS.....                                            | 23        |
| 5.3. Hipotesis .....                                                                   | 24        |
| <b>6. OBJETIVOS.....</b>                                                               | <b>26</b> |
| 6.1 Objetivos Principales: .....                                                       | 26        |
| 6.2 Objetivo Secundario: .....                                                         | 26        |
| <b>7. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>                                                      | <b>28</b> |
| 7.1. Identificación de la pregunta PICO. ....                                          | 28        |
| 7.2. Criterios de elegibilidad.....                                                    | 29        |
| 7.3. Fuente de información y estrategia de la búsqueda de datos. ....                  | 30        |
| 7.4. Proceso de selección de los estudios.....                                         | 33        |
| 7.5. Extracción de datos.....                                                          | 34        |
| 7.6. Valoración de la calidad. ....                                                    | 35        |

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESULTADOS.....</b>                                                              | <b>37</b> |
| <b>8.1. Selección de estudios. Flow chart.....</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>8.2. Análisis de las características de los estudios revisados. ....</b>         | <b>39</b> |
| <b>8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo. ....</b>           | <b>41</b> |
| <b>8.4. Síntesis de resultados.....</b>                                             | <b>44</b> |
| <i>8.4.1 Técnicas quirúrgicas para la preparación de lecho implantológico .....</i> | <i>44</i> |
| <i>8.4.2 Diseño macroscópico de los implantes .....</i>                             | <i>45</i> |
| <i>8.4.3 Métodos de medición de estabilidad primaria .....</i>                      | <i>47</i> |
| <b>9. DISCUSIÓN.....</b>                                                            | <b>50</b> |
| <b>9.1. Técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho implantológico.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>9.2. Diseño macroscópico de los implantes .....</b>                              | <b>52</b> |
| <b>9.3. Métodos de medición de estabilidad primaria .....</b>                       | <b>54</b> |
| <b>9.4. Limitaciones de estudio.....</b>                                            | <b>56</b> |
| <b>10. CONCLUSIONES .....</b>                                                       | <b>59</b> |
| <b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                                        | <b>61</b> |
| <b>12. ANEXOS.....</b>                                                              | <b>68</b> |

## LISTADO DE SIGLAS Y SIMBOLOS

**IT:** Torque de inserción

**ISQ:** Cociente de estabilidad del implante

**RFA:** Análisis de frecuencia de resonancia

**OD:** Oseodensificación

**CT:** Técnica convencional

**D1, D2, D3, D4:** Tipos de densidad ósea según la clasificación de Misch

**BIC:** Contacto hueso-implante

**Ncm:** Newton centímetro

**μm:** Micrómetros

**%:** Porcentaje

**±:** Desviación estándar



## 1. RESUMEN

**Introducción:** La estabilidad primaria del implante es un factor determinante en el éxito del tratamiento implantológico, especialmente en situaciones clínicas comprometidas como el hueso de baja densidad. Esta revisión sistemática tiene como objetivo comparar diferentes técnicas quirúrgicas de preparación del lecho, evaluar la influencia de la macroestructura del implante y analizar los métodos de medición de la estabilidad primaria, con especial atención a la correlación entre el torque de inserción (IT) y el índice de estabilidad (ISQ).

**Material y métodos:** Se realizó una búsqueda en las bases de datos Pubmed, Scopus y Web of Science sobre la influencia de la macroestructura, de las técnicas quirúrgicas y de las técnicas de medición en estabilidad primaria de implantes colocados en hueso de baja densidad hasta diciembre 2024.

**Resultados:** Se analizaron 10 estudios que cumplieron los criterios de inclusión. Los implantes colocados mediante osteótomos y oseodensificación presentaron mayores valores de estabilidad que el infra-fresado. Las medias ponderadas de torque (IT) fueron: osteótomos 35,47 Ncm, oseodensificación 27,75 Ncm e infra-fresado 18,91 Ncm. Para el ISQ: osteótomos 63,79, oseodensificación 66,60 e infra-fresado 65,31. En cuanto al diseño, los implantes cilíndricos obtuvieron valores medios superiores a los cónicos (IT: 28,63 vs. 26,08; ISQ: 68,12 vs. 64,35). Se observó una correlación positiva entre IT e ISQ, con mayor consistencia en los valores de ISQ entre estudios.

**Conclusiones:** La técnica quirúrgica y el diseño del implante influyen significativamente en la estabilidad primaria. El ISQ resulta un indicador más fiable en huesos de baja densidad, y su uso combinado con el IT proporciona una evaluación más integral. Se recomienda individualizar la selección según el tipo óseo y realizar más estudios clínicos homogéneos.



## 2. ABSTRACT

**Introduction:** The primary stability of dental implants is a key factor in success of osseointegration, especially in patients with low-density bone. Various surgical techniques have been developed to optimize this initial stability, including under-preparation, osteotomes, and oseodensification. However, the current literature tends to evaluate these techniques in isolation, without a comprehensive comparison considering key variable such as implant macrostructure. This systematic review aims to compare primary stability according to the surgical technique used, study the influence of macrodesign, and analyze the correlation between IT and ISQ.

**Methods:** A search was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases on the influence of macrostructure, surgical techniques, and measurement techniques on the primary stability of implants placed in low-density bone until December 2024.

**Results:** Ten studies meeting the inclusion criteria were analyzed. Implants placed using osteotomes and osseodensification showed higher primary stability values than those placed with under-preparation. The weighted mean insertion torque (IT) values were: osteotomes 35.47 Ncm, osseodensification 27.75 Ncm, and under-preparation 18.91 Ncm. For ISQ, the values were: osteotomes 63.79, osseodensification 66.60, and under-preparation 65.31. Regarding implant design, cylindrical implants achieved higher average values than conical ones (IT: 28.63 vs. 26.08; ISQ: 68.12 vs. 64.35). A positive correlation was observed between IT and ISQ, with greater consistency in ISQ values across studies.

**Conclusions:** The surgical technique and implant design significantly influence primary stability. ISQ appears to be a more reliable indicator in low-density bone, and its combined use with IT provides a more comprehensive assessment. It is recommended to individualize the treatment approach based on bone type and to conduct further homogeneous clinical studies.





### 3. PALABRAS CLAVES

- I. Dental implants
- II. Low-density bone
- III. Primary stability
- IV. Implant macrostructure
- V. Implant design
- VI. Surgical techniques
- VII. Osteotomes
- VIII. Osseodensification drills
- IX. Undersized drilling
- X. Insertion torque
- XI. Implant Stability Quotient (ISQ)
- XII. Osseointegration
- XIII. Humans
- XIV. Animals
- XV. Polyurethane blocks
- XVI. Biomechanical analysis
- XVII. Resonance frequency analysis



## 4. INTRODUCCIÓN

### 4.1 Generalidades

Los implantes dentales han transformado la odontología moderna, ofreciendo soluciones duraderas para la rehabilitación de pacientes edéntulos. Brånemark y cols. que en el 1965 introducen el concepto de osteointegración como un proceso clave para el éxito a largo plazo de los implantes dentales (1–3).

Según Adell y cols., un seguimiento de 15 años en pacientes tratados con implantes osteointegrados ha demostrado una tasa de éxito superior al 90 %, consolidando esta técnica como una opción fiable para el manejo del edentulismo (3).

El éxito de los implantes no solo incluye la osteointegración, sino que también otros factores los avances en diseño y materiales y los observados por Albrektsson y Sennerby: ausencia de movilidad, inflamación y pérdida ósea marginal limitada (1,2).

Estos criterios se han utilizado como base para el desarrollo de nuevas generaciones de implantes con superficies y geometrías optimizadas para mejorar su estabilidad inicial y reducir el tiempo de carga funcional (4,5).

La investigación ha demostrado que las propiedades de rugosidad superficial y diseño de la macroestructura juegan un papel crucial en la estabilidad primaria de los implantes. Por ejemplo, el estudio de Dos Santos y cols. evidencia que las superficies tratadas y los diseños con características específicas como, una geometría cónica, espiras más agresivas y profundas y superficies rugosas obtenida a través de un grabado ácido o anodización, mejoran significativamente la interacción inicial entre el implante y el hueso (6).

Esto es particularmente importante en casos de hueso de baja densidad, donde la estabilidad primaria puede ser un desafío clínico.

Por otro lado, los avances tecnológicos, como la técnica de oseodensificación, han permitido una mayor predictibilidad en situaciones clínicas complejas. Estudios realizados por Mavrogenis, Lahens y cols. han demostrado que este enfoque mejora la densidad ósea y la estabilidad inicial del implante en huesos de baja calidad, lo que amplía las posibilidades de tratamiento en pacientes con condiciones óseas comprometidas (5,7).

La evolución de los implantes dentales desde sus inicios hasta las innovaciones actuales refleja un esfuerzo continuo para perfeccionar su eficacia clínica y proporcionar mejores resultados a largo plazo. La combinación de principios biológicos sólidos y mejoras tecnológicas ha permitido que los implantes dentales sean una herramienta indispensable en la odontología contemporánea (1–6).

#### **4.2 Principios de la osteointegración**

La osteointegración es un proceso fundamental para el éxito a largo plazo de los implantes dentales. Este término fue introducido por primera vez por Brånemark y cols., refiriéndose a la formación de una conexión directa y funcional entre el hueso vital y la superficie del implante, sin la interposición de tejido conectivo (8,9).

Según Albrektsson y Johansson, la osteointegración se basa en tres conceptos clave: osteogénesis, osteoinducción y osteoconducción, cada uno de los cuales contribuye al anclaje exitoso del implante (8).

En su investigación, Albrektsson y cols. identifican los requisitos esenciales para garantizar una integración ósea duradera. Entre ellos, se destacan el uso de materiales biocompatibles (titanio) y una preparación adecuada del sitio implantológico (9). Estos hallazgos han establecido la base para el desarrollo de implantes dentales modernos.

La macroestructura del implante y las modificaciones en la superficie también desempeñan un papel crucial en el proceso de osteointegración. Un ensayo clínico del 2024 ha analizado implantes con “healing chambers” (geometrías diseñadas para crear cavidades de neoformación ósea entre las espiras), demostrando su capacidad para mejorar la formación ósea, estabilidad primaria y optimizar la distribución de las cargas aplicadas (10).

Además, Hansson, Albrektsson y Brånemark han llevado a cabo un estudio detallado sobre la estructura microscópica de la interfaz hueso-implante. Sus observaciones al microscopio electrónico revelaron la ausencia de tejido fibroso en esta interfaz, confirmando una conexión directa y estable entre el hueso y el implante de titanio (11). Estos resultados subrayan la importancia de una superficie implantaria diseñada específicamente para promover la osteointegración.

En sus estudios, Brånemark, Lahens y cols., han reafirmado la importancia de la preparación precisa del sitio quirúrgico y el diseño optimizado de las superficies implantarias como factores esenciales para mejorar la interacción hueso-implante. Estas estrategias no solo favorecen la estabilidad primaria inicial, sino que también potencian el proceso de osteointegración en áreas de baja densidad ósea, asegurando resultados clínicos predecibles y exitosos a largo plazo (7,12).

#### **4.3 Estabilidad primaria del implante dental**

La estabilidad primaria es el factor más importante para el éxito inicial de los implantes dentales, especialmente en huesos de baja densidad. Este concepto se define como la ausencia de movilidad inmediata del implante después de su inserción y depende de factores como la calidad ósea, el diseño del implante y las técnicas de preparación del sitio implantológico (13,14).

En un estudio de Stacchi y cols., se ha demostrado que las diferentes técnicas de preparación del lecho quirúrgico influyen significativamente en la estabilidad primaria. Por ejemplo, en un ensayo clínico realizado en diferentes

centros de estudio que compara fresas de osseodensificación con puntas piezoeléctricas oscilantes lisas y de diamante, se ha verificado como las fresas de osseodensificación han logrado un mayor torque de inserción y mejores valores de estabilidad primaria, medidos mediante análisis de frecuencia de resonancia (13).

Estas ventajas se atribuyen a la compactación ósea obtenida mediante osseodensificación, que favorece una mayor interacción hueso-implante (15).

Otro aspecto crucial es la correlación entre el torque de inserción y la frecuencia de resonancia como métodos de medición de la estabilidad primaria. En un análisis detallado, se encontró una correlación positiva entre estos dos instrumentos, lo que refuerza la utilidad de ambas herramientas en el monitoreo clínico de la estabilidad de los implantes. Sin embargo, también se ha destacado que el torque de inserción es más sensible a variaciones en la calidad ósea que la frecuencia de resonancia (16,17).

En un análisis comparativo realizado por Heitzer y cols., entre dos sistemas de implantes colocados en huesos de baja densidad, se ha determinado que el diseño del implante tiene un impacto significativo en la estabilidad primaria. Los implantes con diseño cónico han demostrado un mayor torque de inserción y mejores valores de ISQ en comparación con implantes cilíndricos. Esto sugiere que los implantes cónicos son más adecuados para condiciones de hueso de baja densidad debido a su capacidad para distribuir las fuerzas de manera más eficiente (14).

En conjunto, estas investigaciones marcan la importancia de elegir las técnicas quirúrgicas específicas y seleccionar el diseño implantológico adecuado según las condiciones óseas específicas del paciente para mejorar la estabilidad primaria y garantizar el éxito a largo plazo de los implantes dentales (13–15).

#### 4.4 Calidad y densidad ósea

La calidad y densidad del hueso maxilar son factores que influyen para el éxito a largo plazo de los implantes dentales. La presencia de hueso cortical denso contribuye significativamente a la estabilidad primaria del implante. Estudios in vitro han demostrado que la combinación entre el diseño del implante y la densidad ósea influye directamente en los valores de estabilidad inicial, medidos mediante dispositivos de análisis de frecuencia de resonancia y torque de inserción. Estos hallazgos resaltan el papel esencial del hueso cortical en el anclaje inicial del implante (18).

La clasificación histomorfométrica propuesta por Trisi y Rao representa un avance crucial en la comprensión de las diferentes tipologías óseas. Este sistema correlaciona las propiedades histológicas y la densidad ósea con la respuesta biológica de los implantes. En particular, se ha demostrado que el hueso de baja calidad, como el hueso maxilar posterior, requiere enfoques quirúrgicos y de diseño específicos para garantizar una estabilidad primaria adecuada (19).

Dentro del análisis de la calidad ósea, la clasificación propuesta por Lekholm y Zarb (1985) ha sido fundamental para la planificación implantológica. Esta clasificación distingue cuatro tipos de hueso según la cantidad de hueso cortical y trabecular presentes: Tipo I (hueso cortical denso), Tipo II (cortical gruesa y trabeculado denso), Tipo III (cortical delgada y trabeculado moderado) y Tipo IV (cortical muy fina y trabeculado esponjoso). Esta categorización resulta especialmente relevante en este trabajo, ya que la mayoría de los casos revisados corresponden a hueso tipo III y IV, donde la estabilidad primaria representa un desafío clínico mayor (20).

Por su parte, Misch (1989) propuso una clasificación basada en la densidad ósea percibida durante la perforación, identificando los tipos D1 a D4. D1 corresponde a hueso cortical muy denso, mientras que D4 representa hueso altamente esponjoso y de baja resistencia mecánica. Esta aproximación práctica, basada en la resistencia al fresado, permite una mejor elección de la

técnica quirúrgica y del diseño del implante, aspectos directamente relacionados con los objetivos de esta revisión sistemática en condiciones de baja densidad ósea (21).

La tomografía computarizada ha permitido cuantificar precisamente la densidad ósea, perfeccionando la planificación implantológica. Las mediciones obtenidas han demostrado cómo la variabilidad en la densidad ósea del maxilar influye en el posicionamiento de los implantes, subrayando la necesidad de adaptar las técnicas quirúrgicas y los diseños de los implantes según las características anatómicas del paciente (22).

#### **4.5 Diferentes técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho quirúrgico**

##### **4.5.1 Infra-fresado**

El infra-fresado, como técnica quirúrgica, ha sido ampliamente estudiado por su capacidad para optimizar la estabilidad primaria de los implantes dentales, especialmente en huesos de baja densidad. Esta técnica implica preparar el sitio del implante con un diámetro menor al del implante a colocar, generando una compresión del hueso trabecular circundante. Este efecto promueve un mayor contacto inicial entre el implante y el hueso, lo que resulta en una estabilidad primaria significativamente mejorada, como se refleja en estudios in vitro que han analizado su aplicación en sitios de baja calidad ósea (15,23).

Una variante innovadora del infra-fresado es la osseodensificación, la cual ha mostrado resultados positivos en estudios tanto in vitro como in vivo. En modelos ovinos, se observó un aumento en la densidad ósea periimplantaria y una mejor estabilidad secundaria comparada con las técnicas convencionales. Este método optimiza el remodelado óseo y facilita la osteointegración, ofreciendo una solución efectiva para pacientes con hueso de baja densidad (15,24).

En 2 estudios realizados en 2017 y 2023 se ha evaluado el impacto de la técnica de infrafresado sobre la estabilidad primaria de implantes colocados en

hueso de baja densidad. Los resultados demostraron que esta técnica aumenta el torque de inserción y los valores de ISQ en comparación con la técnica convencional, destacando la importancia de enfoques quirúrgicos personalizados para maximizar el éxito implantológico (25,26).

Además, el diseño de las fresas quirúrgicas utilizadas durante la técnica de infra-fresado juega un papel fundamental en los resultados obtenidos. Investigaciones han revelado que las fresas diseñadas específicamente para esta técnica pueden mejorar la compactación ósea y minimizar el riesgo de fracturas en el hueso trabecular. Esto subraya la importancia de seleccionar instrumentos adecuados para maximizar la estabilidad inicial del implante (27).

Asimismo, la combinación del infra-fresado con técnicas de osteotomía escalonada permite distribuir uniformemente las cargas en el hueso periimplantario, reduciendo el riesgo de micromovilidad del implante durante las fases iniciales de cicatrización (26).

En una revisión sistemática, se consolida la evidencia a favor del infra-fresado como una técnica eficaz no solo para mejorar la estabilidad primaria, sino también para garantizar una osteointegración más predecible a largo plazo. Esta técnica es particularmente relevante en pacientes con hueso de tipo IV, donde las opciones implantológicas tradicionales suelen ser insuficientes para lograr una adecuada unión (15,23).

#### **4.5.2 Uso de osteótomos**

La técnica de los osteótomos ha sido ampliamente estudiada por su capacidad para mejorar la estabilidad primaria de los implantes dentales en hueso de baja densidad. A diferencia de los métodos de perforación convencional, los osteótomos condensan el hueso circundante en lugar de eliminarlo, lo que favorece un mejor contacto hueso-implante y un aumento en los valores de estabilidad inicial del implante (28,29).

Un estudio que pone en comparación la técnica de osteótomos y la perforación convencional ha demostrado que el uso de osteótomos genera menor cantidad de calor durante la preparación del lecho implantológico, reduciendo el riesgo de necrosis ósea térmica y favoreciendo un entorno más propicio para la osteointegración. Este enfoque es especialmente beneficioso en hueso trabecular, donde se requiere una mayor estabilidad primaria debido a su baja densidad (30,31).

Además, los osteótomos permiten una mayor flexibilidad en la manipulación del hueso cortical, mejorando la estabilidad inicial en áreas críticas como el maxilar posterior. Se ha analizado como la técnica de osteótomos puede ser utilizada de manera efectiva para la carga inmediata de implantes, lo que amplía sus aplicaciones clínicas en diferentes escenarios quirúrgicos (32,33).

Se destacan también estudios donde se subraya la importancia de una planificación adecuada en el uso de osteótomos, considerando tanto la densidad ósea como las características anatómicas del paciente. Esto asegura que el implante alcance una estabilidad primaria adecuada y favorece el éxito a largo plazo del tratamiento implantológico (28,33).

Finalmente, los osteótomos no solo son efectivos para mejorar la estabilidad primaria, sino que también presentan ventajas en términos de preservación ósea y minimización de complicaciones postoperatorias. Estas características hacen que esta técnica sea una opción válida para facilitar el trabajo de los implantólogos (29,31).

#### **4.5.3 Fresas de oseodensificación**

La técnica de oseodensificación ha emergido como una alternativa innovadora en la preparación del sitio implantológico, diseñada para preservar y compactar el hueso trabecular y cortical existente durante el labrado del lecho. Este enfoque optimiza la densidad ósea local y mejora la estabilidad primaria de los implantes dentales, lo que puede traducirse en mayores tasas de éxito clínico en huesos de escasa densidad (13,34).

Por otro lado, la preparación del sitio quirúrgico también afecta la eficacia del diseño del implante. Estudios han explorado cómo la oseodensificación, en combinación con diseños específicos del implante, pueden mejorar la estabilidad inicial, incluso en huesos de escasa calidad. Las espiras diseñadas para enroscar y comprimir lateralmente el hueso durante la inserción han mostrado ser efectivos en la osteointegración primaria, reduciendo el riesgo de micromovimientos (24,35).

Un ensayo clínico aleatorizado realizado en múltiples centros de estudio ha demostrado que la fresas de oseodensificación son efectivas para aumentar la estabilidad del implante en comparación con las técnicas convencionales, especialmente en huesos de baja calidad. Los hallazgos incluyeron una mejora significativa en la densidad ósea alrededor del implante y una reducción en las tasas de micromovimiento inicial, factores fundamentales para la osteointegración exitosa del implante (13,36,37).

Desde un punto de vista biomecánico, la técnica de oseodensificación utiliza movimientos de perforación en sentido inverso con abundante irrigación para densificar el hueso. Esta técnica crea una matriz ósea más compacta que mejora la resistencia al torque de inserción y el análisis de frecuencia de resonancia (RFA), fundamentales para evaluar la estabilidad primaria del implante (36,38,39).

En un estudio realizado por Slete y cols., se realizó un análisis histomorfométrico comparativo entre tres técnicas de osteotomía (convencional, oseodensificación y piezoeléctrica) confirmó que la técnica de oseodensificación mejora significativamente la densidad ósea periimplantaria. Esta técnica resulta especialmente beneficiosa en sitios óseos de baja densidad, ya que favorece una mayor estabilidad primaria y un mejor contacto hueso-implante en comparación con los métodos tradicionales (38,40).

Además, estudios experimentales in vitro han resaltado la capacidad de la oseodensificación para reducir la incidencia de microfracturas óseas durante el labrado del lecho, optimizar la interfaz hueso-implante e incrementar el contacto de las dos superficies. Los implantes insertados mediante esta técnica presentan una mayor estabilidad inicial en hueso de baja densidad en comparación con los métodos convencionales, como se analiza en las investigaciones sobre los bloques de poliuretano y modelos animales (7,41,42).

En términos clínicos, la oseodensificación también ha demostrado ser eficaz en la expansión de crestas estrechas, permitiendo la colocación de implantes en sitios previamente considerados inadecuados para su instalación sin injertos adicionales. Protocolos como el de Versah® destacan la importancia de un diagnóstico preciso del hueso disponible utilizando CBCT para evaluar la viabilidad de esta técnica en los diferentes escenarios clínicos (43,44).

Finalmente, la oseodensificación no solo mejora la estabilidad primaria del implante, sino que también puede tener un impacto positivo en la integración ósea a largo plazo. Los estudios sugieren que la preservación de la estructura ósea y la reducción del trauma quirúrgico contribuyen significativamente a una mejor cicatrización y éxito clínico general en pacientes con hueso de baja densidad (34,39,44).

#### **4.6 Estructura macroscópica del implante y su impacto en la estabilidad primaria**

La estructura macroscópica de un implante juega un papel esencial en la estabilidad primaria, especialmente en huesos de baja densidad. El diseño de las espiras, el diámetro y la forma general del cuerpo del implante pueden influir significativamente en la interacción inicial entre el implante y el hueso alrededor (45,46).

Por ejemplo, se ha observado que implantes con espiras profundas y un diseño cónico tienden a aumentar la estabilidad inicial en comparación con diseños cilíndricos (47,48).

Un estudio prospectivo controlado del 2016 se ha demostrado que los implantes cónicos proporcionan mayores valores de estabilidad primaria, medidos mediante el torque de inserción, en comparación con los implantes cilíndricos, especialmente en necesidades clínicas de carga inmediata. Este tipo de macroestructura no solo favorece una mayor estabilidad inicial, sino que también minimiza la pérdida ósea marginal (47).

Además, las investigaciones de Popovski, Mutairi y cols. han sugerido que las características del diseño de las espiras, forma y densidad, influyen directamente en la cantidad de contacto óseo-implante durante la fase inicial de osteointegración (49,50).

Los avances en el diseño macroscópico de los implantes han permitido abordar desafíos asociados con la estabilidad primaria, especialmente en escenarios de hueso de baja densidad. Estas modificaciones estructurales, en combinación con técnicas específicas de osteotomía quirúrgica, han demostrado ser una herramienta imprescindible para optimizar los resultados clínicos (46,50,51).

#### **4.7 Métodos de medición de la estabilidad primaria del implante**

La medición de la estabilidad primaria de los implantes dentales es uno de los factores críticos en el éxito a corto y largo plazo, especialmente en situaciones de baja densidad ósea. Entre los métodos más utilizados se destacan el análisis de frecuencia de resonancia (RFA) y el torque de inserción (IT), ambos reconocidos por su capacidad para determinar la estabilidad inicial de los implantes (52,53).

El RFA mide la estabilidad del implante a través de un índice llamado ISQ (Cociente de Estabilidad del Implante), que refleja la rigidez del contacto entre el

implante y el hueso. Es particularmente útil en el monitoreo a largo plazo y ha demostrado ser un método altamente fiable en la detección de cambios en la estabilidad durante las fases de cicatrización. Estudios in vitro han establecido una correlación entre valores altos de ISQ y menor micromovilidad del implante, lo que sugiere una mayor probabilidad de éxito en el proceso de osteointegración (52–54).

Por otro lado, el torque de inserción proporciona una evaluación directa de la resistencia inicial al movimiento del implante durante su colocación. Este factor es esencial en casos de carga inmediata, ya que un torque elevado indica una mejor interacción mecánica inicial entre el implante y el hueso. Un estudio retrospectivo concluyó que la combinación de IT e ISQ ofrece una evaluación complementaria y sólida para predecir el éxito del tratamiento implantológico (55,56).

Además, en estudios clínicos realizados por Mello-Machado, Xing y cols., han determinado la efectividad de estos dos métodos de medición en contextos específicos, como sitios de hueso de baja densidad. Por ejemplo, se observó que los implantes colocados con técnicas que optimizan la preparación del sitio implantológico, como la osseodensificación, presentan mayores valores de IT e ISQ en comparación con técnicas convencionales. De esa manera, se subraya la importancia de elegir la técnica quirúrgica más eficaz para maximizar la estabilidad (29,57).

En investigaciones realizadas en 2021 y 2023 sobre modelos experimentales han validado la utilidad del RFA y el IT en la evaluación de la estabilidad primaria, destacando que ambos métodos ofrecen información complementaria. La combinación de estas herramientas no solo mejora la capacidad predictiva del éxito implantológico, sino que también ayuda a definir estrategias de carga más seguras y efectivas. (54,58)

Por último, los avances tecnológicos, como el método de ultrasonidos cuantitativos, han demostrado ser más sensibles a la interfaz hueso-implante,

que es el parámetro más importante para evaluar la estabilidad primaria, en estudios experimentales. Este método evalúa la estabilidad primaria midiendo la propagación de las ondas ultrasónicas a través del implante y su interfaz con el hueso y ha sido validado como una alternativa complementaria al RFA, especialmente en casos de hueso esponjoso, por su mayor sensibilidad a la calidad ósea. (17,59). En el futuro podría convertirse en el método utilizado en clínica con mayor precisión, pero aún requiere más estudios.



## 5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

### 5.1. Justificación General

El éxito a largo plazo de los implantes dentales depende de múltiples factores, entre ellos la calidad ósea, la macroestructura del implante y la técnica quirúrgica utilizada para su colocación (1,2).

La estabilidad primaria ha sido ampliamente estudiada como un factor crucial para lograr una buena osteointegración y se ha demostrado que factores como el tipo de preparación del lecho quirúrgico y la geometría del implante tienen un impacto significativo en la estabilidad inicial (6,49).

Sin embargo, muchos estudios previos han evaluado estos factores de manera aislada, sin considerar un enfoque completo que relacione simultáneamente la macroestructura del implante, la técnica quirúrgica de inserción y los métodos de medición de estabilidad en pacientes con hueso de baja densidad (15,35).

Los estudios actuales suelen centrarse en una sola técnica quirúrgica o en la comparación de solo dos métodos, como la osteotomía convencional frente a la osseodensificación (26,27) , o en la evaluación de la estabilidad primaria únicamente mediante análisis de IT o ISQ sin considerar ambos métodos en conjunto (28,42).

Además, otros estudios han explorado la relación entre la macroestructura del implante y la estabilidad primaria, pero sin analizar cómo las diferentes técnicas quirúrgicas afectan estos resultados en hueso de baja densidad (34,53).

La relevancia de este estudio radica en su capacidad para integrar todas estas variables en un solo análisis comparativo. Mientras que investigaciones previas han abordado de manera independiente la influencia de la macroestructura del implante (52) , el efecto del hueso de baja densidad en la estabilidad primaria (29) , la comparación entre ISQ y torque de inserción (54) o

las diferentes técnicas quirúrgicas, pocos han examinado simultáneamente estas cuatro dimensiones dentro del mismo estudio.

Por ello, esta revisión sistemática busca llenar un vacío en la literatura actual, proporcionando una visión más completa sobre la estabilidad primaria en implantes colocados en hueso de baja densidad y evaluando el impacto simultáneo de la macroestructura del implante, la técnica de colocación y los métodos de medición (ISQ vs. torque de inserción) (13).

## **5.2. Justificación relacionada con ODS**

En 2015, las Naciones Unidas desarrollaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), llamados "objetivos sostenibles", para formar ciudadanos responsables, tolerantes y sensibles a las necesidades comunes.

ODS 3 (Salud y Bienestar): Mejorar la predictibilidad de los implantes en hueso de baja densidad puede reducir fracasos y reintervenciones, mejorando la calidad de vida de los pacientes perfeccionando así los protocolos clínicos.

ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura): La investigación fomenta el desarrollo de nuevas técnicas y diseños de implantes, contribuyendo a la innovación en implantología para lograr tratamientos más efectivos.

ODS 10 (Reducción de Desigualdades): Proporcionar evidencia sobre los enfoques más eficaces puede ayudar a reducir la disparidad en el acceso a tratamientos de calidad, beneficiando a poblaciones con recursos limitados.

ODS 12 (Producción y Consumo Responsables): Optimizar las técnicas quirúrgicas y el diseño de implantes puede disminuir el uso innecesario de materiales, promoviendo prácticas más sostenibles en odontología.

### 5.3. Hipotesis

Se plantea la hipótesis de que las diferentes técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho implantológico como el infra-fresado, el uso de osteótomos y la oseodensificación, pueden influir en la estabilidad primaria de los implantes dentales en pacientes con hueso de baja densidad.

Además, se considera que la macroestructura del implante desempeñará un papel clave en la estabilidad inicial, con posibles diferencias entre diseños cónicos y cilíndricos, así como entre los distintos tipos de espiras en función de la agresividad y la distancia entre ellas.

Por último, analizar como la combinación entre la técnica quirúrgica utilizada y el diseño del implante afecte los valores de torque de inserción (IT) y análisis de frecuencia de resonancia (ISQ), determinando así su impacto en la estabilidad primaria y en el éxito a corto plazo de la osteointegración.



## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivos Principales:**

1. Analizar cómo afecta la técnica de colocación (osteótomos, fresas de oseodensificación e infrafresado) a la estabilidad primaria del implante en hueso de baja densidad.
2. Evaluar cómo influye el diseño macroscópico del implante (macroestructura) en la estabilidad primaria en hueso de baja densidad.

### **6.2 Objetivo Secundario:**

1. Determinar si el método de medición utilizado (ISQ mediante Ostell o torque de inserción) tiene correlación con la evaluación de la estabilidad primaria del implante.



## 7. MATERIAL Y MÉTODO

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta - Analyses) (60)

### 7.1. Identificación de la pregunta PICO.

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de los artículos indexados sobre la relación entre la estabilidad primaria de implantes colocados en hueso de baja densidad, la influencia de la macroestructura, la técnica de colocación y la forma de medición, publicados hasta diciembre de 2024 para responder a la siguiente pregunta: *En implantes dentales colocados en hueso de baja densidad ¿cómo influye el diseño macroscópico del implante, la técnica quirúrgica empleada (osteótomos, fresas de óseo densificación o infrafresado) y cuál es la diferencia entre los métodos de medición (ISQ mediante Ostell vs. torque de inserción) en la estabilidad primaria ?*

Esta pregunta de estudio se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO. El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- **P (Población):**

Pacientes humanos, modelos animales y bloques de poliuretano que simulan hueso de baja densidad, donde se colocaron implantes dentales para evaluar la estabilidad primaria

- **I (Intervención):**

Colocación de implantes dentales en hueso de baja densidad, con dispositivos de distinta macroestructura, utilizando distintas técnicas quirúrgicas, midiendo la estabilidad primaria mediante ISQ (Ostell) o torque de inserción.

Las técnicas incluyen:

- Uso de osteótomos
- Fresas de oseodensificación
- Técnica de infrafresado

- **C (Comparación):**

Comparación de la estabilidad primaria en los implantes colocados con las tres técnicas mencionadas:

- Uso de osteótomos
- Fresas de oseodensificación
- Técnica de infrafresado

Comparación de la estabilidad primaria en implantes de distintas macroestructuras.

Comparación de distintos métodos de medición de la estabilidad primaria

- **O (Resultados):**

- **O1:** Evaluar la estabilidad primaria de los implantes según la técnica quirúrgica utilizada
- **O2:** Determinar cómo influye la macroestructura del implante en la estabilidad primaria
- **O3:** Comparar la fiabilidad de los métodos de medición de estabilidad primaria: ISQ (Ostell) frente a torque de inserción

## **7.2. Criterios de elegibilidad.**

### **Criterios de inclusión:**

Tipo de Estudio: Ensayos clínicos aleatorizados controlados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, series de casos y estudios in vitro realizados en bloques de poliuretano de densidad baja, modelos animales preclínicos y estudios con humanos. Publicaciones en inglés, español, francés, italiano o portugués; Publicadas hasta diciembre 2024.

Tipo de Paciente: Pacientes humanos, modelos animales y bloques de poliuretano que simulen hueso de baja densidad (tipo IV según Lekholm y Zarb), donde se realizaron procedimientos quirúrgicos para la colocación de implantes dentales.

Tipo de Intervención: Colocación de implantes dentales con diferentes diseños macroscópicos mediante técnicas quirúrgicas específicas, incluyendo:

- Uso de osteótomos

- Fresas de oseodensificación
- Técnica de infrafresado

Se consideraron estudios que analizaron las variables de estabilidad primaria utilizando el cociente de estabilidad inicial del implante (ISQ mediante el dispositivo Ostell) y el torque de inserción.

#### Tipo de Variables de Resultados:

- Variables Principales: Datos relacionados con la influencia del diseño macroscópico y la técnica quirúrgica utilizada en la estabilidad primaria del implante
- Variable Secundaria: Datos relacionados con la fiabilidad de las técnicas de medición (ISQ mediante el dispositivo Ostell y el torque de inserción) en la estabilidad primaria del implante

#### **Criterios de exclusión:**

Revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, informes de casos, cartas al editor o comentarios, estudios experimentales exclusivamente in vitro sin conexión con hueso de baja densidad o sin datos relevantes sobre las variables mencionadas.

Estudios realizados exclusivamente en hueso de densidad normal o alta (tipos I, II o III).

Estudios que no proporcionaron información sobre ISQ o torque de inserción como métodos de evaluación de estabilidad primaria.

Procedimientos quirúrgicos que no incluyeran ni una técnica quirúrgica entre los osteótomos, las fresas de oseodensificación o la técnica de infrafresado.

#### **Restricciones adicionales:**

Se incluyeron solo los artículos de los últimos 10 años, aunque se priorizaron estudios aún más recientes y relevantes.

#### **7.3. Fuente de información y estrategia de la búsqueda de datos.**

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes

palabras clave: "Dental implants," "oral implants," "endosseous implants," "dental implants, single tooth," "dental implantation," "endosseous dental implantation," "immediate dental implant loading," "soft bone," "low density bone," "low density," "trabecular bone," "spongy bone," "cancellous bone," "posterior maxilla," "type IV bone," "posterior region," "bone density," "bone remodeling," "humans," "adult," "osseointegration," "biomechanical phenomena," "implant stability," "primary stability," "initial implant stability," "initial implant stability quotient," "stability measurement," "implant fixation," "biomechanical stability," "mechanical stability," "stability quotient," "implant stability quotient ISQ," "insertion torque," "ostell," "ostell device," "rfa device," "rfa devices," "resonance frequency analysis," "resonance frequency analysis device," "macrostructure," "macromorphology," "macrogeometry," "implant design," "implant shape," "implant architecture," "thread design," "surface topography," "macro-texture," "implant features," "geometric design," "osseodensification," "osseodensification drilling," "osseodensification drilling technique," "osseodensification drills," "osseodensification technique," "under-drilling," "sub-drilling," "bone compaction," "bone compaction technique," "minimally invasive technique," "bone preservation," "bone densification," "implant placement techniques," "osteotomes," "osteotomes technique," "healing chambers," "site preparation," "surgical technique," "implant characteristics," and "biocompatible materials.". Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND y OR, así como con los términos controlados ("MeSH" para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente : (((((((("dental implants"[MeSH Terms]) OR ("dental implants, single tooth"[MeSH Terms]) OR ("dental implantation"[MeSH Terms] OR "dental implantation, endosseous"[MeSH Terms])) OR ("immediate dental implant loading"[MeSH Terms]) OR ("cancellous bone"[MeSH Terms])) OR ("humans"[MeSH Terms]) OR ("adult"[MeSH Terms]) OR ("bone density"[MeSH Terms])) AND ((((((osseointegration[MeSH Terms]) OR (dental implantation, endosseous[MeSH Terms])) OR (biomechanical phenomena[MeSH Terms])) OR ("primary stability"[Title/Abstract])) OR ("initial implant stability"[Title/Abstract]))

OR ("initial implant stability quotient"[Title/Abstract])) AND (((((((("bone drilling"[Title/Abstract]) OR ("osseodensification drilling"[Title/Abstract])) OR ("osseodensification drilling technique"[Title/Abstract] OR "osseodensification drilling techniques"[Title/Abstract] OR "osseodensification drills"[Title/Abstract])) OR ("implant placement techniques"[Title/Abstract])) OR ("osteotomes"[Title/Abstract] OR "osteotomes technique"[Title/Abstract])) OR ("bone compaction technique"[Title/Abstract])) OR ("versah drills"[Title/Abstract])) OR ("under drilling"[Title/Abstract])))) AND (((((((("implant stability quotient isq"[Title/Abstract]) OR ("insertion torque"[Title/Abstract])) OR ("ostell"[Title/Abstract])) OR ("ostell device"[Title/Abstract])) OR ("rfa device"[All Fields])) OR ("rfa devices"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis device"[All Fields]) Filters: from 2014 - 2024

La búsqueda en SCOPUS fue la siguiente ( TITLE-ABS-KEY ( "dental implants" OR "oral implants" OR "endosseous implants" ) AND ALL ( "soft bone" OR "low density bone"OR "soft tissue" OR "low density" OR "trabecular bone" OR "spongy bone" OR "cancellous bone" ) AND ALL ( "osteotomes" OR "osseodensification drill\*" OR "osseodensification technique" OR "under-drilling" OR "sub-drilling" OR "bone compaction" OR "minimally invasive technique" OR "bone preservation" OR "bone densification" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "primary stability" OR "implant stability" OR "stability measurement" OR "implant fixation" OR "biomechanical stability" OR "mechanical stability" OR "initial stability" OR "stability quotient" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Macrostructure" OR "Macromorphology" OR "Macrogeometry" OR "Implant design" OR "Implant shape" OR "Implant architecture" OR "thread design" OR "surface topography" OR "macro-texture" OR "implant features" OR "geometric design" ) ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025

La búsqueda en Web of Science (WOS) fue la siguiente : TS=("primary stability" OR "implant stability" OR "osseointegration" OR "dental implant" OR "bone integration") AND TS=("implant design" OR "macrostructure" OR "macrogeometry" OR "osseodensification" OR "site preparation" OR "surgical

technique" OR "implant characteristics" OR "thread design" OR "healing chambers") AND TS=("Dental Implants" OR "Bone Density" OR "Endosseous Dental Implantation" OR "Bone Remodeling" OR "Biocompatible Materials") AND TS=("soft bone" OR "spongy bone" OR "posterior maxilla" OR "type IV bone" OR "low bone density" OR "cancellous bone" OR "posterior region")

En la Tabla 1 incluida en el apartado de Anexos se muestra el resumen de las búsquedas Pubmed, Scopus y Web of Science.

Con el objetivo de identificar cualquier estudio elegible que pudiera haberse omitido en la búsqueda inicial, se complementó el proceso con una revisión exhaustiva de las referencias citadas en la bibliografía de cada uno de los estudios seleccionados. Además, se realizó una búsqueda manual de artículos en revistas especializadas en cirugía e implantología bucal, como *Medical Oral Pathology*, *Oral Surgery*, and *Buccal Medicine*, *Journal of Oral Implantology*, *Journal of Oral and Maxillofacial surgery*, the *Journal of Contemporary Dental Practice*.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis cruzado de artículos potencialmente relevantes para el estudio. Los estudios duplicados identificados fueron eliminados del análisis.

#### **7.4. Proceso de selección de los estudios.**

El proceso de selección de los estudios se llevó a cabo en tres etapas.

En la primera etapa, se evaluaron los títulos de los artículos con el objetivo de eliminar publicaciones irrelevantes.

En la segunda etapa, se realizó el cribado por los resúmenes, seleccionando los estudios según los siguientes criterios: tipo de estudio, tipo de hueso (baja densidad o tipo IV), tipo de intervención quirúrgica (osteótomos, fresas de osseodensificación o técnica de infrafresado), diseño macroscópico del implante, métodos de medición de estabilidad primaria (ISQ mediante Ostell y torque de inserción).

En la tercera etapa, se realizó una lectura completa de los textos seleccionados. Durante esta etapa, se procedió a la extracción de datos utilizando un formulario previamente diseñado para confirmar la elegibilidad de los estudios.

### **7.5. Extracción de datos.**

La siguiente información fue extraída de los estudios incluidos y se organizó en tablas coleccionando lo siguiente: autores y año de publicación, tipo de estudio (ensayo clínico aleatorizado, prospectivo, retrospectivo, in vitro), número de participantes o modelos (pacientes humanos, bloques de poliuretano, modelos animales), tipo de hueso (hueso de baja densidad, tipo IV), localización del sitio implantado (maxilar superior zonas posteriores, animales, poliuretano). Las variables estudiadas de la presente revisión sistemática: las características de los implantes; diseño macroscópico (geometría cónica, cilíndrica, dimensiones), la técnica quirúrgica utilizada: (osteótomos, osseodensificación, infrafresado), los métodos de medición de estabilidad primaria como ISQ (análisis de frecuencia de resonancia mediante Ostell) y IT (torque de inserción).

#### Variables principales

La estabilidad primaria del implante se definió como la variable principal y se evaluó a través de dos métodos de medición: el torque de inserción (medido en Ncm) y el índice de estabilidad del implante (ISQ), obtenido mediante dispositivos de análisis de frecuencia de resonancia (Ostell). Estas variables se analizaron para determinar la influencia del diseño macroscópico del implante, incluyendo geometría y dimensiones, así como la técnica quirúrgica empleada (osteótomos, fresas de osseodensificación e infrafresado).

#### Variables secundarias

Como variables secundarias, se incluyeron los métodos de medición de estabilidad primaria, evaluando la precisión y correlación entre el ISQ y el torque de inserción como herramientas de valoración inicial.

### **7.6. Valoración de la calidad.**

Para evaluar la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados, se empleó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). Los estudios se clasificaron como de “bajo riesgo de sesgo” cuando cumplían con todos los criterios establecidos, y como de “alto riesgo de sesgo” cuando no se cumplía uno o más criterios, lo que indicaba la presencia de un sesgo significativo que podría afectar la fiabilidad de los resultados. Además, se clasificaron como de “riesgo incierto de sesgo” en los casos en que existiera falta de información o incertidumbre sobre el potencial de sesgo.

Para la evaluación del riesgo de sesgo se utilizó una escala modificada de ARRIVE y CONSORT (61). Se trata de un método de evaluación para estudios en vitro y ex-vivo que permite evaluar la calidad de los estudios analizando 12 ítems a los cuales se les da un valor numérico.

### **7.7. Síntesis de datos.**

Los estudios analizados se agruparon en tres categorías según la técnica quirúrgica utilizada para la preparación del lecho implantológico: infra-fresado, osteótomos y oseodensificación. Se evaluaron las variables de estabilidad primaria mediante torque de inserción (IT) y análisis de frecuencia de resonancia (ISQ), considerando también la influencia del diseño macroestructural del implante.

Se calcularon medias aritméticas y ponderadas para IT e ISQ en cada grupo.

Respecto a las técnicas quirúrgicas, se compararon los valores de estabilidad primaria en implantes colocados con infra-fresado, osteótomos y oseodensificación.

En cuanto a la influencia de la macroestructura del implante, se analizaron los valores de estabilidad primaria en implantes con diferentes diseños geométricos (cónicos o cilíndricos).

En cuanto a los métodos de medición de estabilidad primaria, se analizó la correlación entre los valores de IT e ISQ.



## RESULTADOS

### 8.1. Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total de 163 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=25), SCOPUS (n=40) y la Web of Science (n=95). Además, se obtuvieron 3 estudios adicional a través de la búsqueda manual (lista de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 38 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes, pero 4 de estas publicaciones no fueron recuperadas. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados a fondo. Como resultado, 10 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig. 1). La información relacionada con los artículos excluidos (y las razones de su exclusión) se presenta en la Tabla 2.

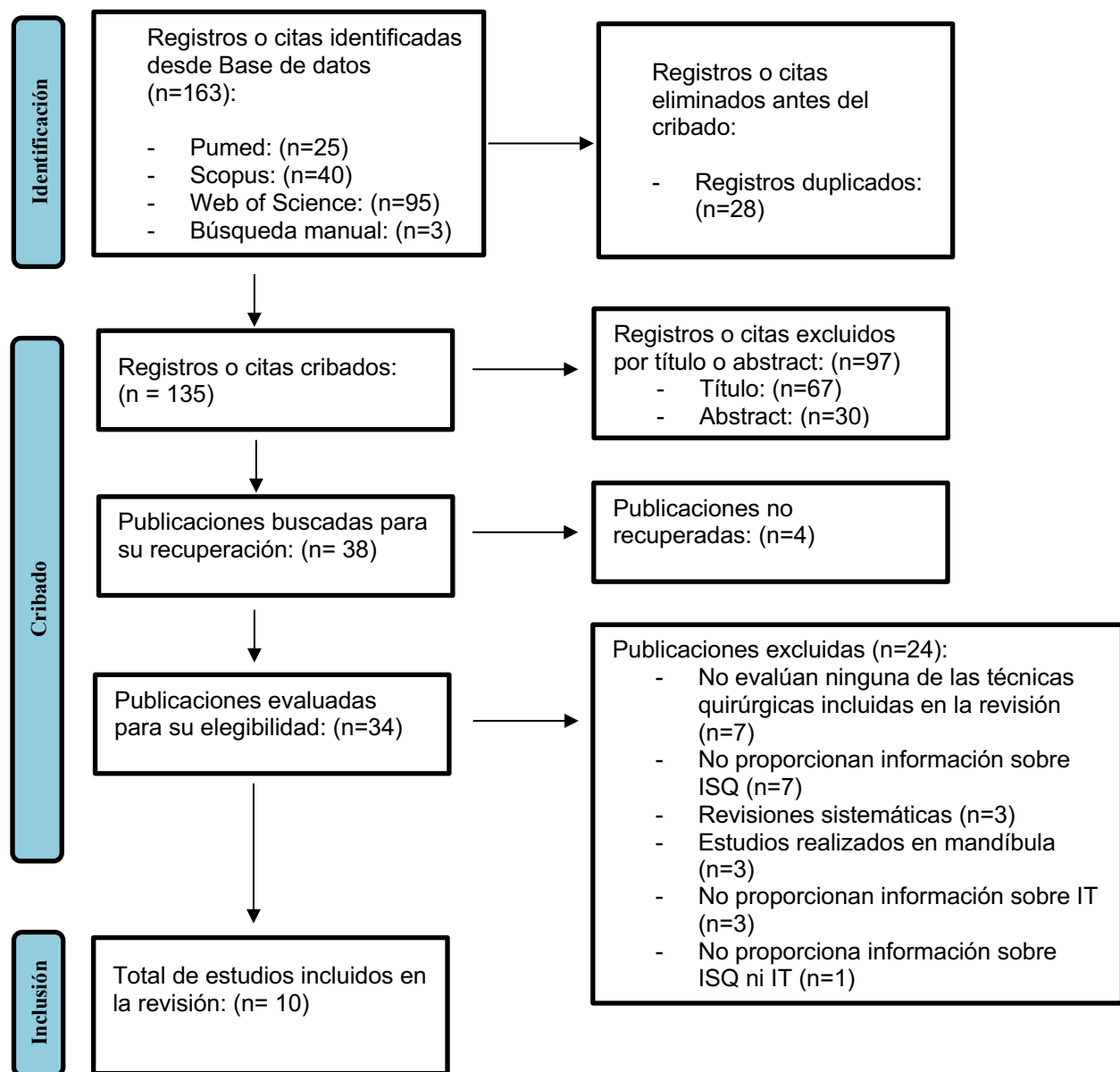


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

**Tabla 2.** Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

| Autor. Año                        | Publicación       | Motivo de Exclusión                                                    |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Lima Monteiro y cols., 2024 (62)  | Quintessence Int. | Revisión sistemática                                                   |
| Popovski y cols., 2024 (49)       | Medicina          | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Fereño-Cáceres y cols., 2024 (43) | Dent. Med.Probl   | Revisión sistemática                                                   |
| Souza da Rosa y cols., 2024 (10)  | BMC Oral Health   | Estudio realizado en mandíbula                                         |

|                                     |                                       |                                                                        |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Romeo y cols., 2023 (41)            | J. Prosthodont.                       | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Antonelli y cols., 2023 (45)        | Dent. J.                              | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Heitzer y cols., 2022 (14)          | Int. J. Oral. Maxillofac. Surg        | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Mercier y cols., 2022 (63)          | Int. J. Oral Maxillofac. Implants     | Estudio realizado en mandíbula                                         |
| Krischik y cols., 2021 (64)         | Dent. J.                              | No proporciona información sobre IT                                    |
| Fanali y cols., 2021 (65)           | Comput. Methods Biomech. Biomed. Eng. | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Romanos y cols., 2020 (66)          | Clin. Implant. Dent. Relat. Res.      | No proporciona información sobre IT                                    |
| Thomé y cols., 2019 (67)            | J. Osseointegr.                       | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Stacchi y cols., 2019 (68)          | J. Oral. Implantol.                   | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Alifarag y cols., 2018 (34)         | J. Orthop. Res                        | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Almutairi y cols., 2018 (50)        | F1000Research                         | No proporciona información sobre ISQ ni IT                             |
| Lahens y cols., 2018 (42)           | J. Biomed. Mater. Res.                | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Sagheb y cols., 2017 (35)           | Clinic. Oral Impl. Res.               | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Lahens y cols., 2016 (7)            | J. Mech. Behav. Biomed. Mater.        | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Stocchero y cols., 2016 (15)        | Int. J. Oral Maxillofac. Implants     | Revisión sistemática                                                   |
| Lozano-Carrascal y cols., 2016 (47) | Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.     | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Anitua y cols., 2015 (69)           | Ann. Anat.                            | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Gehrke y cols., 2015 (48)           | J. Oral Implantol.                    | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Rastelli y cols., 2014 (70)         | Oral Implantol.                       | No proporciona información sobre IT                                    |
| Torroella-Saura y cols., 2014 (51)  | Clin. Oral Impl. Res.                 | Estudio realizado en mandíbula                                         |

## 8.2. Análisis de las características de los estudios revisados.

De los artículos incluidos en la presente revisión, se compilan 336 implantes. De estos, 149 implantes fueron colocados mediante la técnica con fresas de oseodensificación, 134 mediante infrafrasado y 53 utilizando osteótomos. En relación con el tipo de modelo utilizado, 42 implantes se

colocaron en humanos, 186 en modelos animales y 108 en bloques de poliuretano de baja densidad, diseñados para simular las características mecánicas del hueso tipo IV. Respecto al diseño de los implantes, 219 presentaban una morfología cónica, mientras que 117 eran cilíndricos.

En cuanto al diseño de los estudios, 2 fueron estudios clínicos en humanos, de los cuales los dos cumplían el criterio de localización en maxilar superior posterior (29,71). Cuatro estudios se llevaron a cabo en modelos animales, de los cuales 2 en tibia porcina (37,72), uno en costillas bovinas (73) y uno en cadera bovina (23). Los cuatro estudios restantes utilizaron bloques de poliuretano de baja densidad, simulando las propiedades del hueso tipo IV (27,28,31,36). Todos los estudios incluidos trataron condiciones de hueso de baja densidad, casi siempre equivalente al tipo IV. En los modelos humanos, se incluyeron exclusivamente casos ubicados en el maxilar superior posterior. En los estudios in vitro y en animales, se emplearon materiales y zonas anatómicas reconocidas por su similitud con el comportamiento mecánico del hueso tipo IV, permitiendo su inclusión dentro del análisis comparativo.

De los 10 estudios incluidos en la presente revisión sistemática, 5 artículos evaluaban la técnica de infrafresado (23,27,31,37,71), 5 artículos analizaban la técnica con fresas de oseodensificación (27,36,37,72,73) y 4 estudios aplicaban la técnica con osteótomos (28,29,31,71). Algunos estudios incluían comparaciones entre dos o más técnicas dentro del mismo trabajo, permitiendo una evaluación directa de sus efectos sobre la estabilidad primaria. Por ejemplo, algunos estudios hicieron comparaciones entre la técnica de infrafresado y la con fresas de oseodensificación (27,37), otros entre la técnica de infrafresado y la que utilizó osteótomos (31,71).

Respecto al diseño del implante, 5 de los estudios emplearon implantes de forma cónica y con tratamiento de superficie (27,28,36,37,72), 4 emplearon una forma cilíndrica (23,29,31,71) y 1 hizo una comparación de las dos macroestructuras empleando la técnica con fresas de oseodensificación (73). En

conjunto, los estudios incluidos presentan un enfoque metodológico variado pero coherente con los objetivos de esta revisión, permitiendo una evaluación robusta del impacto de diferentes técnicas quirúrgicas de preparación del lecho sobre la estabilidad primaria inicial en condiciones de baja densidad ósea.

En cuanto a las variables evaluadas, todos los 10 estudios reportaron tanto torque de inserción (IT) como valores de ISQ como métodos cuantitativos de evaluación de la estabilidad primaria, lo que permite una comparación metodológicamente homogénea.

### 8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.

Para los ensayos clínicos randomizados controlados, un riesgo incierto de sesgo fue considerado en los 2 estudios (Tabla 3). Para los 8 estudios in vitro y ex-vivo podemos ver como en la jerarquía de los estudios científicos, tienen menor relevancia, por lo que es esencial que cada estudio cumpla con los criterios establecidos para que la revisión sistemática sea significativa. En nuestro caso, todos los estudios evaluados cumplen con estos requisitos, con una puntuación media de 25,75/28 puntos, lo que refleja su alta calidad metodológica. Los estudios de Shafiullah et al. (31) y Degidi et al. (23) obtuvieron las puntuaciones más bajas, con 19 puntos sobre 28. Los otros seis estudios alcanzaron la puntuación máxima de 28/28. Los detalles de la evaluación de cada artículo se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 3.** Medición del riesgo de sesgo de los estudios randomizados según la guía Cochrane.

|                               | Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección) | Ocultación de la asignación (sesgo selección) | Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección) | Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción) | Descripción selectiva (sesgo informe) | Otros sesgos |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Olmedo-Gaya y cols. 2023 (71) | +                                                | +                                             | ?                                                     | +                                           | +                                     | ?            |
| Xing y cols. 2015 (29)        | +                                                | +                                             | +                                                     | ?                                           | +                                     | ?            |

**Tabla 4.** Categorías utilizadas para evaluar la calidad de estudios in vitro y ex-vivo seleccionados (modificados de las pautas ARRIVE y CONSORT).

| <b>Autor/año</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Pranno<br>y cols.,<br>2024<br>(36) | Bittar y<br>cols.,<br>2024<br>(72) | Li y<br>cols.,<br>2023<br>(73) | De Carvalho<br>Formiga y<br>cols., 2021<br>(27) | Barberá<br>Millán y<br>cols., 2021<br>(37) | Shafiulla<br>h y cols.,<br>2021<br>(31) | Tsolaki<br>y cols.,<br>2016<br>(28) | Degidi<br>y cols.,<br>2015<br>(23) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| <b>1. Título</b><br>(0) Inexacto/no conciso<br>(1) Conciso/adecuado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                  | 1                                  | 1                              | 1                                               | 1                                          | 1                                       | 1                                   | 1                                  |
| <b>2. Resumen:</b> ya sea un resumen estructurado de los antecedentes, objetivos de investigación, métodos experimentales clave, principales hallazgos y conclusión del estudio o autocontenido (debe contener suficiente información para permitir una buena comprensión de la justificación del enfoque)<br>(1) Claramente inadecuado<br>(2) Posiblemente precisa<br>(3) Claramente precisa | 3                                  | 3                                  | 3                              | 3                                               | 3                                          | 2                                       | 3                                   | 2                                  |
| <b>3. Introducción:</b> antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis<br>(1) Insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente/algo información<br>(3) Claramente cumple/suficiente                                                                                                                                                                                | 3                                  | 3                                  | 3                              | 3                                               | 3                                          | 2                                       | 3                                   | 2                                  |
| <b>4. Introducción:</b> objetivos de preprimaria y secundaria para el experimento (objetivos primarios/secundarios específicos)<br>(1) No está claramente establecido<br>(2) Claramente establecido                                                                                                                                                                                           | 2                                  | 2                                  | 2                              | 2                                               | 2                                          | 1                                       | 2                                   | 1                                  |
| <b>5. Métodos:</b> diseño del estudio explicado número de experimentos y grupos de control, pasos para reducir el sesgo (demostrando la consistencia del experimento (hecho más de una vez), detalle suficiente para la replicación, cegamiento en la evaluación, etc.)                                                                                                                       | 3                                  | 3                                  | 3                              | 3                                               | 3                                          | 2                                       | 3                                   | 2                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente<br>(3) Claramente suficiente                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6. <b>Métodos:</b> detalles precisos del procedimiento experimental (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué)<br>(1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente                                      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 7. <b>Métodos:</b> Como se determinó el tamaño de la muestra (detalles del control y grupo experimental) y cálculo del tamaño de la muestra.<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro                                    | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 8. <b>Métodos:</b> detalles de métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar grupos)<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro                                                              | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 9. <b>Resultados:</b> explicación de cualquier dato excluido, resultados de cada análisis con una medida de precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 10. <b>Discusión:</b> interpretación/implicación científica, limitaciones, y generalizabilidad/traducción<br>(0) Claramente inadecuado<br>(1) Posiblemente exacto<br>(2) Claramente precisa                                                | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 11. <b>Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamiento</b>                                                                                                                                                           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|                                                                              |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| (0) No<br>(1) Sí                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12. <b>Publicación en una revista revisada por pares</b><br>(0) No<br>(1) Sí | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>TOTAL</b>                                                                 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 19 | 28 | 19 |

## 8.4. Síntesis de resultados

### 8.4.1 Técnicas quirúrgicas para la preparación de lecho implantológico

En relación con el torque de inserción (IT), los valores más elevados se observaron en los estudios que utilizaron osteótomos, con una media aritmética de 35,11 Ncm y una media ponderada de 35,47 Ncm, lo que los posiciona como la técnica con mejor rendimiento en este parámetro. Destacan los trabajos de Tsolaki y cols. con 45 Ncm (28) y de Olmedo-Gaya y cols. con 38,25 Ncm (71). Por su parte, la técnica de oseodensificación presentó valores moderados, con una media aritmética de 30,92 Ncm y una media ponderada de 27,75 Ncm. El estudio de Pranno y cols. reportó  $40,3 \pm 1,6$  Ncm (36), mientras que Li y cols. superó los 40 Ncm utilizando una macroestructura cónica. La técnica de infrafresado, en cambio, mostró los valores más bajos y heterogéneos, con una media aritmética de 21,82 Ncm y una media ponderada de 18,91 Ncm, con registros desde  $30,2 \pm 2,1$  Ncm en el estudio De Carvalho Formiga y cols. (27) hasta  $8,87 \pm 6,17$  Ncm con Barbará Millán y cols. (37). Los valores se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| <b>Técnica quirúrgica</b>                 | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Fresas de oseodensificación</i></b> | 30.92 Ncm               | 27.75 Ncm              | 149                 |
| <b><i>Infrafresado</i></b>                | 21.82 Ncm               | 18.91 Ncm              | 134                 |
| <b><i>Osteótomos</i></b>                  | 35.11 Ncm               | 35.47 Ncm              | 53                  |

En cuanto a los valores de ISQ, la técnica de oseodensificación destacó por encima del resto con los valores más elevados, con una media ponderada de 66,60 y una media aritmética de 64,73, siendo el estudio de Li y cols. (73) el que obtuvo el valor más alto ( $78,6 \pm 3,23$ ). Los osteótomos ofrecieron valores estables y consistentes, con una media aritmética de 62,77 y ponderada de 63,79, como se observa en los estudios de Olmedo-Gaya y cols. (71) ( $70,47 \pm 1,37$ ) y Tsolaki y cols. (28) ( $64,5 \pm 1,08$ ). La técnica de infrafresado, en cambio, mostró una mayor dispersión: aunque Degidi y cols. (23) reportaron un ISQ elevado de  $73,4 \pm 2,33$ , otros estudios como el de Shafiullah y cols. (31) y De Carvalho Formiga y cols. (27) obtuvieron valores considerablemente inferiores ( $41,75 \pm 1,2$  y  $47,4 \pm 2,6$ , respectivamente). Los valores se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| <b>Técnica quirúrgica</b>                 | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Fresas de oseodensificación</i></b> | 64.73 ISQ               | 66.60 ISQ              | 149                 |
| <b><i>Infrafresado</i></b>                | 59.95 ISQ               | 65.52 ISQ              | 134                 |
| <b><i>Osteótomos</i></b>                  | 62.77 ISQ               | 63.79 ISQ              | 53                  |

A partir de estos resultados, se observa que los osteótomos destacan como la técnica quirúrgica con mejor torque medio, tanto aritmético como ponderado, mientras que la oseodensificación resulta superior en términos de estabilidad primaria medida por ISQ. Por su parte, el infrafresado es la técnica con mayor variabilidad en ambas métricas, lo que podría estar relacionado con diferencias metodológicas y características de los modelos experimentales.

#### 8.4.2 Diseño macroscópico de los implantes

En los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se analizaron implantes con diseño cónico y cilíndrico para evaluar su influencia en la estabilidad primaria. Se colocaron un total de 336 implantes, de los cuales 219 fueron de diseño cónico y 117 cilíndrico.

En cuanto al torque de inserción (IT), ambos diseños presentaron valores similares. La media aritmética del torque en implantes cónicos fue de 28,63 Ncm, mientras que para los cilíndricos fue de 28,77 Ncm. Sin embargo, al considerar el número total de implantes, la media ponderada mostró una ligera ventaja para los cilíndricos (28,63 Ncm) frente a los cónicos (26,08 Ncm), lo que sugiere que, aunque ambos diseños ofrecen una buena estabilidad mecánica inicial, los cilíndricos pueden proporcionar un torque más uniforme en ciertos contextos (71,73). Los valores se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes macroestructuras.

| Macroestructura   | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <b>Cónica</b>     | 28,63 Ncm        | 26,08 Ncm       | 219          |
| <b>Cilíndrica</b> | 28,77 Ncm        | 28,63 Ncm       | 117          |

En términos de estabilidad primaria evaluada mediante ISQ, los implantes cilíndricos también mostraron un comportamiento ligeramente superior. La media aritmética del ISQ fue de 65,58 en los cilíndricos y de 60,86 en los cónicos. La diferencia se evidenció también en la media ponderada, siendo de 68,12 para los cilíndricos y de 64,35 para los cónicos. El estudio de Li y cols. (73), que empleó ambos tipos de diseño, reportó un ISQ medio de  $75,5 \pm 2,15$  para los cónicos frente a  $78,6 \pm 3,23$  para los cilíndricos, sin diferencias estadísticamente significativas. Asimismo, Olmedo-Gaya y cols. (71) obtuvieron valores ISQ superiores a 70 en ambos diseños. Los valores se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes macroestructuras.

| Macroestructura   | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <b>Cónica</b>     | 60,86 ISQ        | 64,35 ISQ       | 219          |
| <b>Cilíndrica</b> | 65,58 ISQ        | 68,12 ISQ       | 117          |

Por otro lado, estudios como el de Degidi y cols. (23) también reportaron altos valores de ISQ en implantes cilíndricos ( $73,40 \pm 2,33$ ), y Barbará Millán y cols. (37) mostraron resultados consistentes entre los diseños, con ISQ de  $65,16 \pm 7,45$  en cónicos frente a  $69,75 \pm 6,79$  en cilíndricos.

Por tanto, aunque tradicionalmente se ha atribuido al diseño cónico una mejor adaptación en hueso de baja densidad, los datos actuales no muestran diferencias clínicamente relevantes en términos de torque o ISQ entre ambos diseños. Esta similitud en el rendimiento puede deberse al uso combinado de técnicas quirúrgicas optimizadas, como la oseodensificación o el infrafresado, que compensan las limitaciones geométricas de cada diseño.

#### 8.4.3 Métodos de medición de estabilidad primaria

En todos los estudios incluidos en esta revisión, la estabilidad primaria de los implantes fue evaluada utilizando dos métodos complementarios: el torque de inserción (IT) y el análisis de frecuencia de resonancia (ISQ). Ambos métodos fueron considerados criterios indispensables de inclusión para esta revisión, lo que permite realizar un análisis comparativo entre ellos.

El torque de inserción mide la resistencia mecánica al avance del implante en el momento de su colocación. Se trata de una medida inmediata y dependiente de factores como el tipo de hueso, la técnica quirúrgica y el diseño del implante. En esta revisión, los valores de IT oscilaron entre un mínimo de  $8,87 \pm 6,17$  Ncm (37) y un máximo superior a 40 Ncm (73). Por otro lado, el ISQ se basa en la frecuencia de resonancia de un transductor conectado al implante, y permite evaluar la rigidez del contacto entre el implante y el hueso circundante, siendo útil tanto en el momento quirúrgico como en el seguimiento postoperatorio.

Al analizar los datos, se observa que ambos métodos no siempre se correlacionan linealmente. Por ejemplo, en el estudio de Degidi y cols. (23), se obtuvo un IT moderado ( $20,26 \pm 7,03$  Ncm) junto con un ISQ muy alto ( $73,40 \pm$

2,33), mientras que en Barbará Millán y cols. (37), un IT muy bajo ( $8,87 \pm 6,17$  Ncm) coexistía con un ISQ medio de  $65,16 \pm 7,45$ . Estos resultados sugieren que los dos métodos capturan aspectos diferentes de la estabilidad: mientras que el IT refleja principalmente la fricción inicial con el hueso cortical durante la inserción, el ISQ ofrece una evaluación más integral de la estabilidad tridimensional del implante.

Además, el ISQ parece tener una mayor sensibilidad para detectar diferencias en el diseño del implante y en la calidad del hueso en el tiempo, como lo evidencian los valores más elevados obtenidos en implantes cilíndricos con una media ponderada de 68,12 frente a los cónicos con 64,35. Sin embargo, el IT sigue siendo un indicador clínico crucial durante la cirugía, especialmente en contextos donde se requiere decidir si aplicar carga inmediata o diferida.



## 9. DISCUSIÓN

### 9.1. Técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho implantológico

Los resultados obtenidos en esta revisión sistemática permiten analizar de forma comparativa tres técnicas quirúrgicas empleadas en el tratamiento con implantes en hueso de baja densidad: el infra-fresado, el uso de osteótomos y la oseodensificación. A diferencia de estudios previos que comparan cada una de estas técnicas con el fresado convencional, este trabajo se enfoca en su confrontación directa, proporcionando datos relevantes sobre su eficacia relativa en términos de torque de inserción e índice de estabilidad (ISQ).

Varios estudios incluidos, como el de Formiga y cols., muestran que las técnicas de infra-fresado obtienen valores de IT e ISQ significativamente superiores a los de las secuencias de fresado estándar, con buenos resultados en bloques de mayor densidad, superando tanto a osteótomos como a oseodensificación en ese mismo modelo. Sin embargo, este mismo estudio indica que la oseodensificación genera mejores resultados en hueso de baja densidad, lo que sugiere una sensibilidad de la técnica al tipo óseo (27).

En cuanto al uso de osteótomos, los datos resultan más consistentes. Shafiullah y cols. demuestran que esta técnica, en combinación con una capa cortical simulada, genera los valores más altos tanto de torque como de ISQ, superando la técnica de infra-fresado en ambas condiciones óseas simuladas. Resultados similares se observan en otros estudios que replican el efecto de la condensación ósea controlada (31).

Por otro lado, la oseodensificación aparece señalada por múltiples autores como la técnica con mayor potencial en huesos de baja densidad. En el estudio de Veljanovski y cols., los implantes colocados mediante OD en el maxilar posterior muestran valores superiores tanto en torque como en ISQ frente al grupo de infra-fresado, confirmando una ventaja significativa en

términos de estabilidad primaria. Los autores concluyen que esta técnica mejora la densificación del hueso periimplantario y permite una mejor estabilidad inicial en huesos tipo III y IV (74).

Asimismo, Yu y cols., en su revisión sistemática y metaanálisis, sintetizan datos de aproximadamente 20 estudios que comparan técnicas alternativas de preparación del lecho. El análisis estadístico revela que la oseodensificación y el uso de osteótomos logran una mejora media de +6 a +10 ISQ en comparación con técnicas tradicionales, siendo el infra-fresado menos consistente en entornos de baja densidad. Este hallazgo refuerza la validez externa de los resultados obtenidos en esta revisión (75).

Estos resultados coinciden con los reportados por Althobaiti y cols., quienes además evidencian un mayor porcentaje de contacto hueso-implante (BIC) en estudios histológicos. Sin embargo, no todos los estudios coinciden en esta superioridad (76).

Hassan y cols. no encuentran diferencias significativas en valores de ISQ a los 6 meses entre oseodensificación y técnicas de infra-fresado, aunque sí detectan una mayor densidad ósea por CBCT en el grupo con oseodensificación, sugiriendo un posible beneficio a largo plazo más que inmediato (77).

En resumen, los datos indican que:

- En modelos con una capa cortical simulada, los osteótomos ofrecen una mayor estabilidad inicial;
- En hueso trabecular puro, la oseodensificación muestra ventajas claras en ISQ;
- El infra-fresado, aunque eficaz, puede ser menos predecible frente a técnicas que involucran compresión activa del hueso.

Estas conclusiones, aunque respaldadas por evidencias experimentales, deben interpretarse con precaución debido a la heterogeneidad

de los diseños de estudio, materiales simulados y sistemas implantológicos utilizados. Aun así, proporcionan una base sólida para optimizar la selección quirúrgica en función de la densidad ósea del paciente.

## **9.2. Diseño macroscópico de los implantes**

La influencia de la macroestructura del implante sobre la estabilidad primaria se evalúa ampliamente en esta revisión, centrando el análisis en la comparación entre implantes de cuerpo cilíndrico y cónico, dado que esta variable muestra variaciones significativas en los valores de torque de inserción e ISQ en los estudios incluidos.

Los resultados de la presente revisión sistemática revelan que los implantes cilíndricos presentan, en promedio, valores ligeramente superiores tanto de torque como de ISQ. La media ponderada del ISQ es de 68,12 para los cilíndricos frente a 64,35 para los cónicos; en cuanto al torque, también se observa una tendencia favorable a los cilíndricos (28,63 Ncm vs 26,08 Ncm). Esta observación se aleja de lo reportado en parte de la literatura reciente.

Por ejemplo, Makary y cols. observan en su estudio clínico que los implantes cónicos con rosca agresiva presentan mejores valores de estabilidad primaria en hueso de baja densidad, con torques medios superiores a 35 Ncm y una mayor integración en el corto plazo (78).

Del mismo modo, Ayub y Dewi, en su revisión sistemática, concluyen que los implantes de cuerpo cónico con roscas cuadradas alcanzan mayor estabilidad en la mayoría de las condiciones clínicas estudiadas (79).

No obstante, otros estudios como el de Valente y cols. matizan esta superioridad, demostrando que, en condiciones de baja densidad ósea, los implantes cilíndricos ofrecen una estabilidad más constante y predecible, con menor variabilidad en torque y menor dispersión de valores de ISQ (80).

En línea con esta idea, Herrero-Climent y cols. encuentran que, en condiciones in vitro simulando hueso tipo IV, los implantes cilíndricos con la técnica de infrafresado muestran ISQ significativamente mayores en comparación con los cónicos estándar, cuestionando así la presunta superioridad del diseño cónico en todos los contextos (81).

Una propuesta intermedia la plantean Barbosa y cols., quienes comparan implantes con diseño híbrido (cuerpo cilíndrico y ápice cónico) y configuraciones de rosca condensadora. Su estudio muestra que esta geometría combinada logra valores máximos de ISQ y torque superando tanto a diseños cónicos como cilíndricos puros (82).

Por último, el trabajo narrativo de Heimes y cols. refuerza la posición de que el diseño cónico permite una mejor distribución de cargas, mayor compresión crestal y una osteointegración más eficiente en contextos clínicos complejos. También advierten que el diseño híbrido puede representar una solución más versátil al combinar estabilidad primaria con adaptación anatómica (35).

A pesar de que la literatura científica suele indicar que los implantes cónicos proporcionan una mayor estabilidad primaria en condiciones clínicas variadas, en esta revisión sistemática se observa que los implantes cilíndricos alcanzaron una media ponderada de IT e ISQ superior a la de los cónicos. Esta discrepancia podría explicarse, por un lado, por la interacción favorable entre el diseño cilíndrico y las técnicas quirúrgicas analizadas, que podrían optimizar su desempeño en huesos de baja densidad. Por otro lado, es importante considerar que la media ponderada se ve influenciada por el número de implantes incluidos en cada estudio; así, un artículo con una gran cantidad de implantes cónicos, pero valores de estabilidad relativamente bajos podría tener un impacto considerable en la reducción de la media global de este grupo. En esta revisión, uno de los estudios cumple con esta condición, por lo que probablemente introduce un sesgo estadístico que afecta el resultado final de la comparación.

En conjunto, los datos de esta revisión sistemática, confrontados con la literatura reciente, sugieren que la elección entre implantes cilíndricos y cónicos debe realizarse considerando la densidad ósea, la técnica quirúrgica, el diseño de rosca y las características del sitio receptor. Ninguna geometría resulta intrínsecamente superior en todos los casos; sin embargo, los implantes cilíndricos muestran en esta revisión una mayor consistencia en valores de estabilidad primaria, lo que puede ofrecer ventajas clínicas en términos de predictibilidad.

### **9.3. Métodos de medición de estabilidad primaria**

En esta revisión sistemática se evalúan dos métodos principales para medir la estabilidad primaria de los implantes: el torque de inserción (IT) y el análisis de frecuencia de resonancia (ISQ). Ambos métodos se reportan ampliamente en los estudios incluidos, lo que permite establecer comparaciones tanto cuantitativas como clínicas sobre su utilidad y precisión.

Los resultados obtenidos muestran que los valores de ISQ presentan mayor consistencia entre estudios que los valores de IT, particularmente en situaciones donde se emplean técnicas de compresión ósea o implantes con roscas activas. En los estudios que utilizan osteótomos o técnicas de osseodensificación, el ISQ tiende a reflejar con mayor fiabilidad la estabilidad, mientras que el torque muestra mayor variabilidad, posiblemente influido por factores como la velocidad de inserción y la densidad ósea local.

Estas observaciones se alinean con lo reportado por Fu y cols., quienes en su estudio clínico observan que, tras el uso de técnicas de osseodensificación, los valores de ISQ se mantienen elevados ( $74,75 \pm 7,03$ ) incluso cuando el torque es moderado. Los autores concluyen que el ISQ proporciona una medición más robusta en huesos de baja densidad, al no depender exclusivamente del contacto mecánico inmediato (83).

Por su parte, Guerrero y cols. demuestran que la correlación entre IT e ISQ no es lineal y depende del protocolo quirúrgico empleado. En condiciones de compresión moderada, el ISQ resulta más representativo de la estabilidad tridimensional del implante, especialmente en hueso de baja densidad (84).

Asimismo, Cucinelli y cols., en su estudio in vitro, confirman que el aumento de la profundidad de la rosca del implante eleva tanto los valores de IT como de ISQ, pero es el ISQ el que muestra mayor uniformidad entre diferentes densidades óseas, lo que refuerza su utilidad como herramienta de evaluación longitudinal (85).

En un análisis comparativo de rugosidad superficial y forma del implante, Dhulipalla y cols. concluyen que la combinación de torque e ISQ proporciona una evaluación más completa y clínica de la estabilidad primaria, ya que cada método capta distintos aspectos del anclaje implantológico: el IT la resistencia inicial a la inserción, y el ISQ la rigidez del contacto hueso-implante a lo largo del tiempo (86).

En conclusión, los datos analizados confirman que el IT y el ISQ son métodos complementarios que no miden exactamente lo mismo, pero cuya combinación proporciona una valoración más integral y confiable de la estabilidad primaria del implante, especialmente en contextos clínicos complejos como el tratamiento en hueso tipo IV. Mientras el IT aporta información inmediata y práctica durante el acto quirúrgico, el ISQ permite monitorizar de forma más objetiva y estandarizada el comportamiento del implante en fases posteriores. Además, los resultados de esta revisión, junto con la literatura actual, sugieren que el ISQ puede ser un indicador más fiable en situaciones de baja densidad ósea, debido a su menor sensibilidad a los factores operatorios y su utilidad en el seguimiento postoperatorio.

#### 9.4. Limitaciones de estudio

Aunque esta revisión sistemática permite establecer comparaciones relevantes entre distintas técnicas quirúrgicas, macroestructuras de implantes y métodos de medición de la estabilidad primaria, se deben señalar varias limitaciones que pueden condicionar la interpretación de los resultados obtenidos.

En primer lugar, la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos constituye una de las principales restricciones. Las diferencias en los modelos experimentales (in vitro, animales o humanos), los protocolos quirúrgicos empleados, los tipos de implantes y los dispositivos de medición dificultan la comparación directa entre estudios. Aunque se intenta homogeneizar los datos mediante medias ponderadas, la variabilidad entre muestras sigue representando un factor de riesgo para el sesgo.

Asimismo, una parte significativa de los estudios analizados se desarrolla en condiciones in vitro, utilizando bloques de poliuretano o mandíbulas animales. Si bien estos modelos ofrecen un control experimental riguroso, no reproducen completamente las condiciones clínicas. Esto limita la extrapolación directa de los resultados a la práctica clínica cotidiana.

Otro aspecto metodológico que debe considerarse es el uso de medias ponderadas para integrar los resultados de los estudios incluidos. Esta estrategia, aunque útil para compensar las diferencias en el tamaño muestral entre estudios, puede introducir distorsiones si un único estudio con un gran número de implantes presenta valores de estabilidad significativamente más bajos o altos que el promedio. En estos casos, dicho estudio adquiere un peso estadístico elevado y puede modificar sustancialmente la media global del grupo correspondiente, incluso si sus resultados no son representativos del comportamiento general. Esta situación es especialmente relevante en revisiones sistemáticas con una base de datos heterogénea y tamaños

muestrales muy dispares. Por ello, es fundamental interpretar las medias ponderadas con cautela, reconociendo que un solo estudio con gran volumen puede influir de forma desproporcionada en las conclusiones cuantitativas generales.

Otra limitación importante radica en el escaso número de estudios que comparan directamente más de dos técnicas quirúrgicas o macroestructuras entre sí. La mayoría de los artículos revisados realizan comparaciones binarias (por ejemplo, osseodensificación vs infra-fresado), lo que impide establecer conclusiones categóricas sobre la superioridad relativa de todas las técnicas disponibles.

En conjunto, estas limitaciones no anulan la validez de los resultados obtenidos, pero recalcan la necesidad de futuros estudios clínicos estandarizados, con muestras amplias y comparaciones multifactoriales, que permitan validar con mayor precisión las conclusiones extraídas de esta revisión.



## 10. CONCLUSIONES

### Conclusiones principales

- En hueso de baja densidad, las técnicas de osteótomos y de osseodensificación logran mayores valores de estabilidad primaria (IT y ISQ) en comparación con el infra-fresado, especialmente en presencia de una capa cortical simulada.
- Los implantes de macroestructura cilíndrica muestran en esta revisión sistemática una mayor consistencia en valores de estabilidad primaria que los de cuerpo cónico, aunque la literatura previa señala una ventaja general de los cónicos.

### Conclusión secundaria

- El análisis conjunto de torque de inserción (IT) y del cociente de estabilidad (ISQ) permite una evaluación más precisa de la estabilidad primaria, observándose una correlación positiva entre ambos parámetros, destacando el ISQ como un indicador más fiable en situaciones de baja densidad ósea debido a su menor sensibilidad a las variables operatorias.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Albrektsson T, Sennerby L, Wennerberg A. State of the art of oral implants. *Periodontol* 2000. 2008;47:15–26.
2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The Long-Term Efficacy of Currently Used Dental Implants: A Review and Proposed Criteria of Success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986;1:11–25.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981 Jan;10(6):387–416.
4. Walter N, Stich T, Docheva D, Alt V, Rupp M. Evolution of implants and advancements for osseointegration: A narrative review. *Injury*. 2022 Nov 1;53:S69–73.
5. Mavrogenis A.F., Dimitriou R., Parvizi J., Babis G.C. Biology of implant osseointegration. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2009;9(2):61–71.
6. Dos Santos MV, Elias CN, Cavalcanti Lima JH. The effects of superficial roughness and design on the primary stability of dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2011 Sep;13(3):215–23.
7. Lahens B, Neiva R, Tovar N, Alifarag AM, Jimbo R, Bonfante EA, et al. Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. An experimental study in sheep. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016 Oct 1;63:56–65.
8. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *European Spine Journal*. 2001;10:S96–101.
9. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant. Anchorage in Man. *Acta orthop scand*. 1981;52:155–70.
10. Da Rosa de Souza PT, Manfro R, De Salles Santos FAO, Garcia GFF, Macedo NF, De Macedo BESF, et al. Analysis of osseointegration of implants with macrogeometries with healing chambers: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2024 Dec 1;24(1).
11. Hansson HA, Albrektsson T, Brånemark PI. Structural aspects of the interface between tissue and titanium implants. *J Prosthet Dent*. 1983;50:108–12.
12. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent*. 1983;50:399–410.
13. Stacchi C, Troiano G, Montaruli G, Mozzati M, Lamazza L, Antonelli A, et al. Changes in implant stability using different site preparation techniques: Osseodensification drills versus piezoelectric surgery. A multi-center prospective randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2023 Feb 1;25(1):133–40.
14. Heitzer M, Kniha K, Katz MS, Winnand P, Peters F, Möhlhenrich SC, et al. The primary stability of two dental implant systems in low-density bone. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2022 Aug 1;51(8):1093–100.
15. Stocchero M, Toia M, Cecchinato D, Becktor J, Coelho P, Jimbo R. Biomechanical, Biologic, and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016 Nov;31(6):1247–63.

16. Açıl Y, Sievers J, Gülses A, Ayna M, Wiltfang J, Terheyden H. Correlation between resonance frequency, insertion torque and bone-implant contact in self-cutting threaded implants. *Odontology*. 2017 Jul 1;105(3):347–53.
17. O' Sullivan Dominic, Sennerby Lars, Jagger Daryll, Meredith Neil. A comparison of two methods of enhancing implant primary stability. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2004;6:48–57.
18. Chávarri-Prado D, Brizuela-Velasco A, Diéguez-Pereira M, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, Viteri-Agustín I, et al. Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2020 Mar 1;12(3):e242–8.
19. Trisi P., Rao W. Bone classification: clinical-histomorphometric comparison. *Clin Oral Implants Res*. 1999;10:1–7.
20. Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Quintessence. 1986;
21. Misch CE. Bone classification, training keys to implant success. *Dent Today*. 1989;8:39–44.
22. Romero ME, Veloso C.M, Krupp S. Evaluación de la calidad del hueso en sitios de implantes dentales con tomografía computarizada assessment of the quality of bone in dental implants sites computed tomography. *Acta Odont Venez*. 2016;54:1–9.
23. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Influence of underpreparation on primary stability of implants inserted in poor quality bone sites: An in vitro study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015 Jun 1;73(6):1084–8.
24. Trisi P, Berardini M, Falco A, Podaliri Vulpiani M. New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: In vivo evaluation in sheep. *Implant Dent*. 2016 Feb 1;25(1):24–31.
25. Ramos Xavier Coutinho Nascimento L, Monteiro Torelly G, Nelson Elias C. Analysis of bone stress and primary stability of a dental implant using strain and torque measurements. *Saudi Dental Journal*. 2023 Mar 1;35(3):263–9.
26. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Influence of Stepped Osteotomy on Primary Stability of Implants Inserted in Low-Density Bone Sites: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):37–41.
27. De Carvalho Formiga M, Gehrke AF, De Bortoli JP, Gehrke SA. Can the design of the instruments used for undersized osteotomies influence the initial stability of implants installed in low-density bone? An in vitro pilot study. *PLoS One*. 2021 Oct 1;16.
28. Tsolaki IN, Tonsekar PP, Najafi B, Drew HJ, Sullivan AJ, Petrov SD. Comparison of osteotome and conventional drilling techniques for primary implant stability: An in vitro study. *Journal of Oral Implantology*. 2016 Aug 1;42(4):321–5.
29. Xing Y, Khandelwal N, Petrov S, Drew HJ, Mupparapu M. Resonance frequency analysis (RFA) and insertional torque (IT) stability comparisons of implants placed using osteotomes versus drilling techniques: A preliminary case study. *Quintessence Int*. 2015 Oct;46(9):789–98.
30. Bhargava N, Perrotti V, Caponio VCA, Matsubara VH, Patalwala D, Quaranta A. Comparison of heat production and bone architecture changes in the implant site preparation with compressive osteotomes,

- osseodensification technique, piezoelectric devices, and standard drills: an ex vivo study on porcine ribs. *Odontology*. 2023 Jan 1;111(1):142–53.
31. Shafiullah RS, Hariharan R, Krishnan CS, Azhagarasan NS, Jayakrishnakumar S, Saravanakumar M. Influence of Cortical Layer and Surgical Techniques on the Primary Implant Stability in Low-density Bone: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021 Feb 1;22(2):146–51.
  32. Stavropoulos A, Nyengaard JR, Lang NP, Karring T. Immediate loading of single SLA implants: Drilling vs. osteotomes for the preparation of the implant site. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):55–65.
  33. Hahn J. Clinical uses of osteotomes. *Journal of Oral Implantology*. 1999;25:23–9.
  34. Alifarag AM, Lopez CD, Neiva RF, Tovar N, Witek L, Coelho PG. Atemporal osseointegration: Early biomechanical stability through osseodensification. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018 Sep 1;36(9):2516–23.
  35. Heimes D, Becker P, Pabst A, Smeets R, Kraus A, Hartmann A, et al. How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review. *Int J Implant Dent*. 2023;9(1).
  36. Pranno N, De Angelis F, Fischetto SG, Brauner E, Andreasi Bassi M, Marrapese A, et al. Effects of Osseodensification Protocols on Insertion Torques and the Resonance Frequency Analysis of Conical-Shaped Implants: An In Vitro Study on Polyurethane Foam Blocks. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024 Feb 1;14(3).
  37. Barberá-Millán J, Larrazábal-Morón C, Enciso-Ripoll JJ, Pérez-Pevida E, Chávarri-Prado D, Gómez-Adrián MD. Evaluation of the primary stability in dental implants placed in low density bone with a new drilling technique, osseodensification: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2021 May 1;26(3):361–7.
  38. Antonelli A, Bennardo F, Brancaccio Y, Barone S, Femiano F, Nucci L, et al. Can bone compaction improve primary implant stability? An in vitro comparative study with osseodensification technique. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020 Dec 1;10(23):1–13.
  39. Daneshparvar N, Chu TM, Blanchard S, Hamada Y. The Effects of Clockwise and Counterclockwise Conventional and Osseodensification Drilling on the Dimensions, Density, and Biomechanical Properties of Bone. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2023 Jan;38(1):77–83.
  40. Slete FB, Olin P, Prasad H. Histomorphometric comparison of 3 osteotomy techniques. *Implant Dent*. 2018;27(4):424–8.
  41. Romeo D, Chochlidakis K, Barmak AB, Agliardi E, Lo Russo L, Ercoli C. Insertion and removal torque of dental implants placed using different drilling protocols: An experimental study on artificial bone substitutes. *Journal of Prosthodontics*. 2023 Aug 1;32(7):633–8.
  42. Lahens B, Lopez CD, Neiva RF, Bowers MM, Jimbo R, Bonfante EA, et al. The effect of osseodensification drilling for endosteal implants with different surface treatments: A study in sheep. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2018 Apr 1;107(3):615–23.
  43. Fereño-Cáceres A, Vélez-Astudillo R, Bravo-Torres W, Astudillo-Rubio D, Alvarado-Cordero J. Primary stability with osseodensification drilling of

- dental implants in the posterior maxilla region in humans: A systematic review. *Dent Med Probl.* 2024 Jul 1;61(4):605–12.
44. Osseodensification Facilitated Ridge Expansion Protocol (Versah®).
  45. Antonelli A, Barone S, Attanasio F, Salviati M, Cerra MG, Calabria E, et al. Effect of Implant Macro-Design and Magnetodynamic Surgical Preparation on Primary Implant Stability: An In Vitro Investigation. *Dent J (Basel).* 2023 Oct 1;11(10).
  46. Comuzzi L, Tumedei M, Di Pietro N, Romasco T, Montesani L, Piattelli A, et al. Are Implant Threads Important for Implant Stability? An In Vitro Study Using Low-Density Polyurethane Sheets. *Eng.* 2023 Jun 1;4(2):1167–78.
  47. Lozano-Carrascal N, Salomó-Coll O, Gilabert-Cerdà M, Farré-Pagés N, Gargallo-Albiol J, Hernández-Alfaro F. Effect of implant macro-design on primary stability: A prospective clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2016 Mar 1;21(2):e214–21.
  48. Sergio Alexandre Gehrke, Ulisses Tavares da Silva Neto, Massimo del Fabro. Does implant design affect implant primary stability? A Resonance Frequency Analysis-based randomized split-mouth clinical trial. *Journal of Oral Implantology.* 2015;41:281–6.
  49. Popovski J, Mikic M, Tasevski D, Dabic S, Mladenovic R. Comparing Implant Macrodesigns and Their Impact on Stability: A Year-Long Clinical Study. *Medicina (Lithuania).* 2024 Sep 1;60(9).
  50. Almutairi AS, Walid MA, Alkhodary MA. The effect of osseodensification and different thread designs on the dental implant primary stability. *F1000Res.* 2018 Dec 5;7.
  51. Torroella-Saura G, Mareque-Bueno J, Cabratosa-Termes J, Hernández-Alfaro F, Ferrés-Padró E, Calvo-Guirado JL. Effect of implant design in immediate loading. A randomized, controlled, split-mouth, prospective clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2014;26(3):240–4.
  52. Brizuela-Velasco A, Álvarez-Arenal Á, Gil-Mur FJ, Herrero-Climent M, Chávarri-Prado D, Chento-Valiente Y, et al. Relationship between insertion torque and resonance frequency measurements, performed by resonance frequency analysis, in micromobility of dental implants: An in vitro study. In: *Implant Dentistry.* Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. 607–11.
  53. Lages FS, Douglas-de Oliveira DW, Costa FO. Relationship between implant stability measurements obtained by insertion torque and resonance frequency analysis: A systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018 Feb 1;20(1):26–33.
  54. Mello BF, De Carvalho Formiga M, Bianchini MA, Borges I, Coura G, Tumedei M, et al. Insertion Torque (IT) and Implant Stability Quotient (ISQ) Assessment in Dental Implants with and without Healing Chambers: A Polyurethane In Vitro Study. *Applied Sciences (Switzerland).* 2023 Sep 1;13(18).
  55. Bavetta G, Bavetta G, Randazzo V, Cavataio A, Paderni C, Grassia V, et al. A retrospective study on insertion torque and implant stability quotient (ISQ) as stability parameters for immediate loading of implants in fresh extraction sockets. *Biomed Res Int.* 2019 Nov 3;
  56. Gahona O, Granic X, Antunez C, Domancic S, Díaz-Narváez V, Utsman R. Insertion torque and resonance Frequency analysis (ISQ) as predictor

- methods of implant osseointegration. *Journal of Osseointegration*. 2018 Jul 27;10(3):103–7.
57. Mello-Machado RC, Mourão CF de AB, Javid K, Ferreira HT, Montemezzi P, Calasans-Maia MD, et al. Clinical assessment of dental implants placed in low-quality bone sites prepared for the healing chamber with osseodensification concept: A double-blind, randomized clinical trial. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Jan 2;11(2):1–11.
  58. Raz P, Meir H, Levartovsky S, Peleg M, Sebaoun A, Beitlitum I. Reliability and correlation of different devices for the evaluation of primary implant stability: An in vitro study. *Materials*. 2021 Oct 1;14(19).
  59. Vayron R, Nguyen VH, Lecuelle Benoit, Haiat G. Evaluation of dental implant stability in bone phantoms: comparison between a quantitative ultrasound technique and resonance frequency analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018;20:785–93.
  60. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*. 2010;8(5):336–41.
  61. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int*. 2015;2015:1–28.
  62. Monteiro FL, Moreira CL, Pecorari VGA, Orth CC, Joly JC, Peruzzo D. Biomechanical and histomorphometric analysis of osseodensification drilling versus conventional technique: a systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int (Berl)*. 2024 Mar 1;55(3):212–23.
  63. Mercier F, Bartala M, Ella B. Evaluation of the Osseodensification Technique in Implant Primary Stability: Study on Cadavers. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2022 May;37(3):593–600.
  64. Krischik D, Tokgöz SE, van Orten A, Friedmann A, Bilhan H. An In Vitro Evaluation of Primary Stability Values for Two Differently Designed Implants to Suit Immediate Loading in Very Soft Bone. *Dent J (Basel)*. 2021;9(1).
  65. Fanali S, Tumedei M, Pignatelli P, Inchingolo F, Pennacchietti P, Pace G, et al. Implant primary stability with an osteocondensation drilling protocol in different density polyurethane blocks. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2021;24(1):14–20.
  66. Romanos GE, Lau J, Delgado-Ruiz R, Javed F. Primary stability of narrow-diameter dental implants with a multiple condensing thread design placed in bone with and without osteotomes: An in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020;22(3):409–14.
  67. Thomé G, Pires S, Sallati RC, Cartelli CA, Moura MB, Trojan LC. Insertion torque of hybrid tapered implants with different types of instrumentation: An in vitro analysis and report of two cases. *Journal of Osseointegration*. 2019;11(2):98–106.
  68. Stacchi C, De Biasi M, Torelli L, Robiony M, Di Lenarda R, Angerame D. Primary Stability of Short Implants Inserted Using Piezoelectric or Drilling Systems: An In Vitro Comparison. *JOURNAL OF ORAL IMPLANTOLOGY*. 2019;45(4):259–66.

69. Anitua E, Alkhraisat MH, Piñas L, Orive G. Efficacy of biologically guided implant site preparation to obtain adequate primary implant stability. *ANNALS OF ANATOMY-ANATOMISCHER ANZEIGER*. 2015;199:9–15.
70. Rastelli C, Falisi C, Gatto R, Galli M, Saccone E, Severino M, et al. Implant stability in different techniques of surgical sites preparation: an in vitro study. *Oral Implantol*. 2014;33–9.
71. Olmedo-Gaya M V, Romero-Olid MN, Ocaña-Peinado FM, Vallecillo-Rivas M, Vallecillo C, Reyes-Botella C. Influence of different surgical techniques on primary implant stability in the posterior maxilla: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2023;27(7):3499–508.
72. Bittar BF, Sotto-Maior BS, Devito KL, Rabelo GD, Machado AS, Lopes RT, et al. Assessing peri-implant bone microarchitecture: conventional vs. osseodensification drilling - ex vivo analysis. *Braz Dent J*. 2024;35.
73. Li S, Tan SY, Lee EYM, Miranda LA, Matsubara VH. The Effect of Osseodensification on Ridge Expansion, Intraosseous Temperature, and Primary Implant Stability: A Pilot Study on Bovine Ribs. *Journal of Oral Implantology*. 2023;49(2):179–86.
74. Veljanovski D, Petrovski M, Papakoca K, Spirov V, Susak Z, Baftijari D, et al. Biomechanical Parameters of Implants Placed with Osseodensification Versus Implants Placed with Under-drilling Osteotomy Techniques in Posterior Maxilla: A Comparative Clinical Study. *Open Access Maced J Med Sci*. 2024;12.
75. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24(5):580–90.
76. Althobaiti AK, Ashour AW, Halteet FA, Alghamdi SI, AboShetaih MM, Al-Hayazi AM, et al. A Comparative Assessment of Primary Implant Stability Using Osseodensification vs. Conventional Drilling Methods: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;
77. Hassan MA, Abd E, El-Zefzaf K, Nassar MM. Comparative assessment for osseodensification versus conventional surgical technique in low density bone. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS)* e-ISSN [Internet]. 2021;20:25–33. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
78. Makary C, Menhall A, Zammarie C, Lombardi T, Lee SY, Stacchi C, et al. Primary stability optimization by using fixtures with different thread depth according to bone density: A clinical prospective study on early loaded implants. *Materials*. 2019;12(15).
79. Ayub FA, Dewi RS. Optimizing Implant Macro-geometry to Improve Primary Stability in Low Bone Density: A Scoping Review. *Journal of Indonesian Dental Association* [Internet]. 2024;49–55. Available from: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jida>
80. Valente ML da C, de Castro DT, Shimano AC, Lepri CP, dos Reis AC. Analysis of the influence of implant shape on primary stability using the correlation of multiple methods. *Clin Oral Investig*. 2015;19(8):1861–6.
81. Herrero-Climent M, Lemos BF, Herrero-Climent F, Falcao C, Oliveira H, Herrera M, et al. Influence of implant design and under-preparation of the implant site on implant primary stability. An in vitro study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):1–13.

82. Barbosa PP, Oliveira VXR de, Goulart JV, Margonar R, Moura MB de, Oliveira GJPL de. Effect of different thread configurations on hydrophilic implant stability. A split-mouth RCT. *Braz Dent J.* 2024;35.
83. Fu PS, Du JK, Tseng FC, Hsu HJ, Lan TH, Kung JC, et al. Comparison of implant stability and marginal bone loss between osseodensification and conventional osteotomy at adjacent implant sites. *J Dent Sci.* 2024;20:1002–7.
84. Rosas-Díaz J, Guerrero ME, Córdova-Limaylla N, Galindo-Gómez M, García-Luna M, Cayo-Rojas C. The Influence of the Degree of Dental Implant Insertion Compression on Primary Stability Measured by Resonance Frequency and Progressive Insertion Torque: In Vitro Study. *Biomedicines.* 2024;12(12).
85. Cucinelli C, Pereira MS, Borges T, Figueiredo R, Leitão-Almeida B. The Effect of Increasing Thread Depth on the Initial Stability of Dental Implants: An In Vitro Study. *Surgeries.* 2024;5(3):817–25.
86. Dhulipalla R, Boyapati R, Katuri KK, Marella Y, Adurty C, Kolaparthi L. Comparative Analysis of Surface Roughness and Design Features of Titanium Dental Implants on Primary Stability and Osseointegration. *J Pharm Bioallied Sci.* 2024 Jan;16(Suppl 4):3571–3.

## 12. ANEXOS

**Tabla 1.** resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultada

| Base de datos  | Búsqueda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Número de artículos | Fecha      |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|
| Pubmed         | ((((((((("dental implants"[MeSH Terms]) OR ("dental implants, single tooth"[MeSH Terms])) OR ("dental implantation"[MeSH Terms] OR "dental implantation, endosseous"[MeSH Terms])) OR ("immediate dental implant loading"[MeSH Terms])) OR ("cancellous bone"[MeSH Terms])) OR ("humans"[MeSH Terms])) OR ("adult"[MeSH Terms])) OR ("bone density"[MeSH Terms])) AND (((((((osseointegration[MeSH Terms]) OR (dental implantation, endosseous[MeSH Terms])) OR (biomechanical phenomena[MeSH Terms])) OR ("primary stability"[Title/Abstract])) OR ("initial implant stability"[Title/Abstract])) OR ("initial implant stability quotient"[Title/Abstract])) AND (((((((("bone drilling"[Title/Abstract]) OR ("osseodensification drilling"[Title/Abstract])) OR ("osseodensification drilling technique"[Title/Abstract] OR "osseodensification drilling techniques"[Title/Abstract] OR "osseodensification drills"[Title/Abstract])) OR ("implant placement techniques"[Title/Abstract])) OR ("osteotomes"[Title/Abstract] OR "osteotomes technique"[Title/Abstract])) OR ("bone compaction technique"[Title/Abstract])) OR ("versah drills"[Title/Abstract])) OR ("under drilling"[Title/Abstract])) AND (((((((("implant stability quotient isq"[Title/Abstract]) OR ("insertion torque"[Title/Abstract])) OR ("ostell"[Title/Abstract])) OR ("ostell device"[Title/Abstract])) OR ("rfa device"[All Fields])) OR ("rfa devices"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis device"[All Fields]) Filters: from 2014 - 2024 | 25                  | 12.12.2024 |
| Scopus         | ( TITLE-ABS-KEY ( "dental implants" OR "oral implants" OR "endosseous implants" ) AND ALL ( "soft bone" OR "low density bone"OR "soft tissue" OR "low density" OR "trabecular bone" OR "spongy bone" OR "cancellous bone" ) AND ALL ( "osteotomes" OR "osseodensification drill*" OR "osseodensification technique" OR "under-drilling" OR "sub-drilling" OR "bone compaction" OR "minimally invasive technique" OR "bone preservation" OR "bone densification" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "primary stability" OR "implant stability" OR "stability measurement" OR "implant fixation" OR "biomechanical stability" OR "mechanical stability" OR "initial stability" OR "stability quotient" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Macrostructure" OR "Macromorphology" OR "Macrogeometry" OR "Implant design" OR "Implant shape" OR "Implant architecture" OR "thread design" OR "surface topography" OR "macro-texture" OR "implant features" OR "geometric design" ) ) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 40                  | 12.12.2024 |
| Web of Science | TS=("primary stability" OR "implant stability" OR "osseointegration" OR "dental implant" OR "bone integration") AND TS=("implant design" OR "macrostructure" OR "macrogeometry" OR "osseodensification" OR "site preparation" OR "surgical technique" OR "implant characteristics" OR "thread design" OR "healing chambers") AND TS=("Dental Implants" OR "Bone Density" OR "Endosseous Dental Implantation" OR "Bone Remodeling" OR "Biocompatible Materials") AND TS=("soft bone" OR "spongy bone" OR "posterior maxilla" OR "type IV bone" OR "low bone density" OR "cancellous bone" OR "posterior region")                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 95                  | 12.12.2024 |

**Tabla 2.** Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

| <b>Autor. Año</b>                   | <b>Publicación</b>                    | <b>Motivo de Exclusión</b>                                             |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Lima Monteiro y cols., 2024 (62)    | Quintessence Int.                     | Revisión sistemática                                                   |
| Popovski y cols., 2024 (49)         | Medicina                              | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Fereño-Cáceres y cols., 2024 (43)   | Dent. Med.Probl                       | Revisión sistemática                                                   |
| Souza da Rosa y cols., 2024 (10)    | BMC Oral Health                       | Estudio realizado en mandíbula                                         |
| Romeo y cols., 2023 (41)            | J. Prosthodont.                       | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Antonelli y cols., 2023 (45)        | Dent. J.                              | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Heitzer y cols., 2022 (14)          | Int. J. Oral. Maxillofac. Surg        | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Mercier y cols., 2022 (63)          | Int. J. Oral Maxillofac. Implants     | Estudio realizado en mandíbula                                         |
| Krischik y cols., 2021 (64)         | Dent. J.                              | No proporciona información sobre IT                                    |
| Fanali y cols., 2021 (65)           | Comput. Methods Biomech. Biomed. Eng. | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Romanos y cols., 2020 (66)          | Clin. Implant. Dent. Relat. Res.      | No proporciona información sobre IT                                    |
| Thomé y cols., 2019 (67)            | J. Osseointegr.                       | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Stacchi y cols., 2019 (68)          | J. Oral. Implantol.                   | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Alifarag y cols., 2018 (34)         | J. Orthop. Res                        | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Almutairi y cols., 2018 (50)        | F1000Research                         | No proporciona información sobre ISQ ni IT                             |
| Lahens y cols., 2018 (42)           | J. Biomed. Mater. Res.                | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Sagheb y cols., 2017 (35)           | Clinic. Oral Impl. Res.               | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Lahens y cols., 2016 (7)            | J.Mech. Behav. Biomed. Mater.         | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Stocchero y cols., 2016 (15)        | Int. J. Oral Maxillofac. Implants     | Revisión sistemática                                                   |
| Lozano-Carrascal y cols., 2016 (47) | Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.     | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Anitua y cols., 2015 (69)           | Ann. Anat.                            | No proporciona información sobre ISQ                                   |
| Gehrke y cols., 2015 (48)           | J. Oral Implantol.                    | No evalúa ninguna de las técnicas quirúrgicas incluidas en la revisión |
| Rastelli y cols., 2014 (70)         | Oral Implantol.                       | No proporciona información sobre IT                                    |
| Torroella-Saura y cols., 2014 (51)  | Clin. Oral Impl. Res.                 | Estudio realizado en mandíbula                                         |

**Tabla 3.** Medición del riesgo de sesgo de los estudios randomizados según la guía Cochrane.

|                               | Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección) | Ocultación de la asignación (sesgo selección) | Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección) | Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción) | Descripción selectiva (sesgo informe) | Otros sesgos |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Olmedo-Gaya y cols. 2023 (71) | +                                                | +                                             | ?                                                     | +                                           | +                                     | ?            |
| Xing y cols. 2015 (29)        | +                                                | +                                             | +                                                     | ?                                           | +                                     | ?            |

**Tabla 4.** Categorías utilizadas para evaluar la calidad de estudios in vitro y ex-vivo seleccionados (modificados de las pautas ARRIVE y CONSORT).

| Autor/año                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Pranno y cols., 2024 (36) | Bittar y cols., 2024 (72) | Li y cols., 2023 (73) | De Carvalho Formiga y cols., 2021 (27) | Barberá Millán y cols., 2021 (37) | Shafiulla h y cols., 2021 (31) | Tsolaki y cols., 2016 (28) | Degidi y cols., 2015 (23) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>1. Título</b><br>(0) Inexacto/no conciso<br>(1) Conciso/adecuado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                         | 1                         | 1                     | 1                                      | 1                                 | 1                              | 1                          | 1                         |
| <b>2. Resumen:</b> ya sea un resumen estructurado de los antecedentes, objetivos de investigación, métodos experimentales clave, principales hallazgos y conclusión del estudio o autocontenido (debe contener suficiente información para permitir una buena comprensión de la justificación del enfoque)<br>(1) Claramente inadecuado<br>(2) Posiblemente precisa<br>(3) Claramente precisa | 3                         | 3                         | 3                     | 3                                      | 3                                 | 2                              | 3                          | 2                         |
| <b>3. Introducción:</b> antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis<br>(1) Insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente/algo información                                                                                                                                                                                                                    | 3                         | 3                         | 3                     | 3                                      | 3                                 | 2                              | 3                          | 2                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (3) Claramente cumple/suficiente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4. <b>Introducción:</b> objetivos de preprimaria y secundaria para el experimento (objetivos primarios/secundarios específicos)<br>(1) No está claramente establecido<br>(2) Claramente establecido                                                                                                                                                                | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5. <b>Métodos:</b> diseño del estudio explicado número de experimentos y grupos de control, pasos para reducir el sesgo (demostrando la consistencia del experimento (hecho más de una vez), detalle suficiente para la replicación, cegamiento en la evaluación, etc.)<br>(1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente<br>(3) Claramente suficiente | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 6. <b>Métodos:</b> detalles precisos del procedimiento experimental (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué)<br>(1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente                                                                                                                                                              | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 7. <b>Métodos:</b> Como se determinó el tamaño de la muestra (detalles del control y grupo experimental) y cálculo del tamaño de la muestra.<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro                                                                                                                                                            | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 8. <b>Métodos:</b> detalles de métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar grupos)<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro                                                                                                                                                                                      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 9. <b>Resultados:</b> explicación de cualquier dato excluido, resultados de cada análisis con una medida de                                                                                                                                                                                                                                                        | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |

|                                                                                                                                                                                                |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>10. Discusión:</b><br>interpretación/implicación científica, limitaciones, y generalizabilidad/traducción<br>(0) Claramente inadecuado<br>(1) Posiblemente exacto<br>(2) Claramente precisa | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  |
| <b>11. Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamiento</b><br>(0) No<br>(1) Sí                                                                                           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>12. Publicación en una revista revisada por pares</b><br>(0) No<br>(1) Sí                                                                                                                   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                   | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 19 | 28 | 19 |

**Tabla 5.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| <b>Técnica quirúrgica</b>                  | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Fresas de osseodensificación</i></b> | 30.92 Ncm               | 27.75 Ncm              | 149                 |
| <b><i>Infrafresado</i></b>                 | 21.82 Ncm               | 18.91 Ncm              | 134                 |
| <b><i>Osteótomos</i></b>                   | 35.11 Ncm               | 35.47 Ncm              | 53                  |

**Tabla 6.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| <b>Técnica quirúrgica</b>                  | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Fresas de osseodensificación</i></b> | 64.73 ISQ               | 66.60 ISQ              | 149                 |
| <b><i>Infrafresado</i></b>                 | 59.95 ISQ               | 65.52 ISQ              | 134                 |
| <b><i>Osteótomos</i></b>                   | 62.77 ISQ               | 63.79 ISQ              | 53                  |

**Tabla 7.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes macroestructuras.

| <b>Macroestructura</b>   | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Cónica</i></b>     | 28,63 Ncm               | 26,08 Ncm              | 219                 |
| <b><i>Cilíndrica</i></b> | 28,77 Ncm               | 28,63 Ncm              | 117                 |

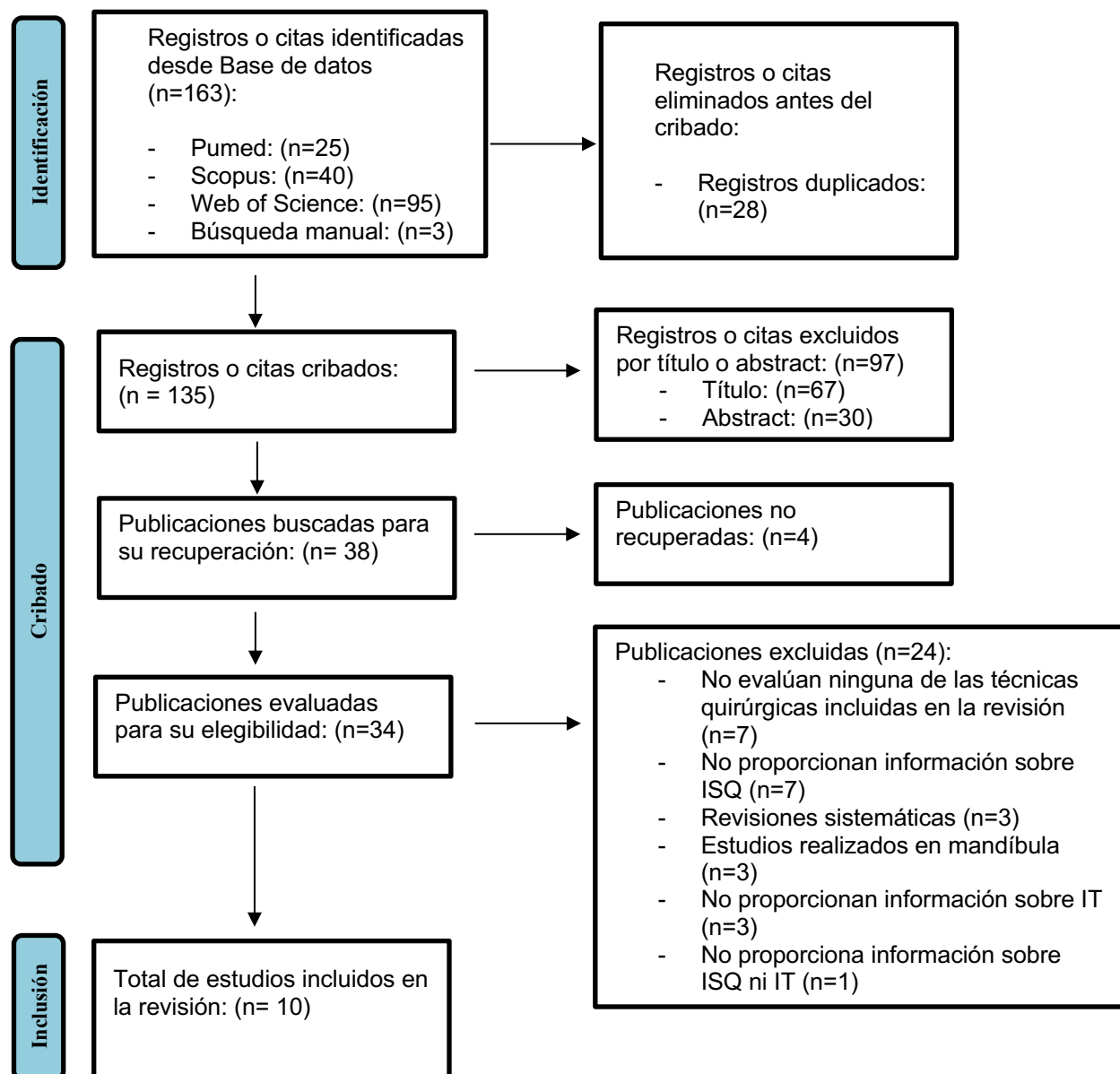
**Tabla 8.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes macroestructuras.

| <b>Macroestructura</b>   | <b>Media aritmética</b> | <b>Media ponderada</b> | <b>Numero Impl.</b> |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| <b><i>Cónica</i></b>     | 60,86 ISQ               | 64,35 ISQ              | 219                 |
| <b><i>Cilíndrica</i></b> | 65,58 ISQ               | 68,12 ISQ              | 117                 |

**Tabla 9.** Análisis y recogida de datos

| Autores.<br>Año de<br>publicación                  | Tipo de<br>estudio                              | Número<br>de<br>implantes | Tipo de<br>hueso             | Localización<br>sitio<br>implantado                | Diseño<br>macroscópico                                         | Técnica quirúrgica<br>utilizada                                | Métodos de<br>medición de<br>estabilidad                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pranno y<br>cols., 2024<br>(36)                    | Estudio in<br>vitro                             | 48                        | III/IV                       | Bloques de<br>poliuretano                          | Implantes<br>cónicos<br>(3.8mm x<br>12mm)                      | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $40.3 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $62.7 \pm 1.5$ ISQ)                                                                              |
| Bittar y<br>cols., 2024<br>(70)                    | Estudio ex-<br>vivo                             | 6                         | Hueso<br>de baja<br>densidad | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos<br>(3.5mm x<br>8.5mm)                     | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $19.78 \pm 5.26$<br>Ncm), RFA ( $63.25 \pm 4.58$ ISQ)                                                                          |
| Olmedo-<br>Gaya y<br>cols., 2023<br>(69)           | Ensayo<br>clínico<br>aleatorizado<br>controlado | 34                        | IV                           | Maxilar<br>posterior                               | Implantes<br>cilíndricos                                       | Infrafresado (19) y<br>osteótomos (15)                         | IF: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $72.05 \pm 1.22$<br>ISQ)<br>OT: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $70.47 \pm 1.37$<br>ISQ)                          |
| Li y cols.,<br>2023 (71)                           | Estudio in<br>vitro                             | 30                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Costillas<br>bovinas<br>(modelo<br>animal)         | Implantes<br>cónicos 15 y<br>15 cilíndricos<br>(5mm x<br>10mm) | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD cilíndricos: IT<br>( $36 \pm 4.18$ Ncm),<br>RFA ( $78.6 \pm 3.23$<br>ISQ)<br>OD cónicos: IT (40+<br>Ncm), RFA ( $75.5 \pm 2.15$ ISQ) |
| De<br>Carvalho<br>Formiga y<br>cols., 2021<br>(27) | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | IV                           | Bloques de<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético) | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 11mm)                           | Infrafresado (10) y<br>fresas de<br>osseodensificación<br>(10) | IF: IT ( $30.2 \pm 2.1$<br>Ncm), RFA ( $47.4 \pm 2.6$ ISQ)<br>OD: IT ( $17.4 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $38.6 \pm 2.2$ )                   |
| Barberá<br>Millán y<br>cols., 2021<br>(37)         | Estudio in<br>vitro                             | 110                       | IV                           | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 10mm)                           | Fresas de<br>osseodensificación<br>(55) y infrafresado<br>(55) | IF: IT ( $8.87 \pm 6.17$<br>Ncm), RFA ( $65.16 \pm 7.45$ ISQ)<br>OD: IT ( $21.72 \pm 17.15$ Ncm), RFA<br>( $69.75 \pm 6.79$ ISQ)        |
| Shafiullah<br>y cols.,<br>2021 (31)                | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Bloque<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético)     | Implantes<br>cilíndricos<br>(5mm x<br>11.5mm)                  | Infrafresado (10) y<br>Osteótomos (10)                         | IF: IT ( $22.40 \pm 1.62$<br>Ncm), RFA ( $41.75 \pm 1.20$ ISQ)<br>OT: IT ( $27.69 \pm 1.2$<br>Ncm), RFA ( $52.5 \pm 1.05$ ISQ)          |

|                            |                                        |    |                        |                                          |                                                       |                                               |                                                                                                         |
|----------------------------|----------------------------------------|----|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tsolaki y cols., 2016 (28) | Estudio in vitro                       | 20 | Hueso de baja densidad | Bloque de poliuretano (modelo sintético) | Implantes cónicos (4mm x 10mm y 13 mm)                | Osteótomos                                    | OT 4x10mm: IT (45 Ncm), RFA (64.50 ± 1.08 ISQ)<br>OT 4x13mm: IT (45 Ncm), RFA (67.30 ± 1.25 ISQ)        |
| Xing y cols., 2015 (29)    | Ensayo clínico aleatorizado controlado | 8  | Hueso de baja densidad | Maxilar posterior                        | Implantes cilíndricos (4mm x 10mm)                    | Osteótomos                                    | OT: IT (32.5 ± 9.87 Ncm), RFA (63.6 ± 12.2 ISQ)                                                         |
| Degidi y cols., 2015 (23)  | Estudio in vitro                       | 40 | IV                     | Cadera bovina (modelo animal)            | Implantes cilíndricos (3.8mm x 11mm) y (4.5mm x 11mm) | Infrafresado 10% (20) y Infrafresado 25% (20) | IF 10%: IT (20.26 ± 7.03), RFA (73.40 ± 2.33 ISQ)<br>IF 25%: IT (17.15 ± 10.39), RFA (72.30 ± 6.70 ISQ) |



**Fig. 1.** Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

## **Declaración de uso de Inteligencia Artificial (IA)**

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico, concretamente ChatGpt 4o

### **Herramienta utilizada:**

ChatGPT (OpenAI).

### **Funciones:**

La herramienta de inteligencia artificial se ha utilizado como apoyo durante la elaboración del Trabajo de Fin de Grado (TFG), exclusivamente con los siguientes fines:

- Revisión y corrección gramatical y ortográfica del contenido redactado.
- Reformulación de párrafos para mejorar la coherencia, claridad y estilo académico.
- Traducción de secciones del trabajo entre español e inglés manteniendo la fidelidad técnica y terminológica.
- Asistencia en la organización y estructuración del documento para adecuarlo al formato requerido.
- Generación de resúmenes parciales y sugerencias de redacción respetando siempre el contenido original redactado por el autor.

### **Prompts utilizados:**

Los comandos o solicitudes se centraron en funciones de ayuda como:

- “Revisa y corrige este texto manteniendo su sentido original.”
- “Traduce este resumen al inglés sin alterar su contenido técnico.”
- “Reformula este párrafo para adaptarlo a un estilo académico.”
- “¿Puedes sugerirme una forma más clara de expresar este concepto?”

## GUIA PRISMA

| Section and Topic             | Item # | Checklist item                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Location where item is reported |
|-------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>TITLE</b>                  |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Title                         | 1      | Identify the report as a systematic review.                                                                                                                                                                                                                                                          | Title page                      |
| <b>ABSTRACT</b>               |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Abstract                      | 2      | See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.                                                                                                                                                                                                                                                         | 1-3                             |
| <b>INTRODUCTION</b>           |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Rationale                     | 3      | Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.                                                                                                                                                                                                                          | 22-24                           |
| Objectives                    | 4      | Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.                                                                                                                                                                                                               | 26                              |
| <b>METHODS</b>                |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Eligibility criteria          | 5      | Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.                                                                                                                                                                                          | 29-30                           |
| Information sources           | 6      | Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.                                                                                            | 30-33                           |
| Search strategy               | 7      | Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.                                                                                                                                                                                 | 30-33                           |
| Selection process             | 8      | Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.                     | 33-34                           |
| Data collection process       | 9      | Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process. | 34                              |
| Data items                    | 10a    | List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.                        | 34                              |
|                               | 10b    | List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.                                                                                         | 34                              |
| Study risk of bias assessment | 11     | Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.                                    | 35                              |
| Effect measures               | 12     | Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.                                                                                                                                                                  | 35                              |
| Synthesis methods             | 13a    | Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).                                                                                 | 35                              |
|                               | 13b    | Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.                                                                                                                                                | 35                              |
|                               | 13c    | Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.                                                                                                                                                                                               | 35                              |
|                               | 13d    | Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.                                          | 35                              |
|                               | 13e    | Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).                                                                                                                                                                 | 35                              |
|                               | 13f    | Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.                                                                                                                                                                                                         | 35                              |
| Reporting bias assessment     | 14     | Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).                                                                                                                                                                              | 35                              |
| Certainty assessment          | 15     | Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.                                                                                                                                                                                                | 35                              |

| Section and Topic                              | Item # | Checklist Item                                                                                                                                                                                                                                                                       | Location where item is reported |
|------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>RESULTS</b>                                 |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Study selection                                | 16a    | Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.                                                                                         | 37-38                           |
|                                                | 16b    | Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.                                                                                                                                                          | 38-39                           |
| Study characteristics                          | 17     | Cite each included study and present its characteristics.                                                                                                                                                                                                                            | 39-41                           |
| Risk of bias in studies                        | 18     | Present assessments of risk of bias for each included study.                                                                                                                                                                                                                         | 41-44                           |
| Results of individual studies                  | 19     | For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.                                                     |                                 |
| Results of syntheses                           | 20a    | For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.                                                                                                                                                                               | 44-48                           |
|                                                | 20b    | Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect. | 44-48                           |
|                                                | 20c    | Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.                                                                                                                                                                                       | 44-48                           |
|                                                | 20d    | Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.                                                                                                                                                                           | 44-48                           |
| Reporting biases                               | 21     | Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.                                                                                                                                                              | 41-44                           |
| Certainty of evidence                          | 22     | Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.                                                                                                                                                                                  | 41-44                           |
| <b>DISCUSSION</b>                              |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Discussion                                     | 23a    | Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.                                                                                                                                                                                                    | 50-55                           |
|                                                | 23b    | Discuss any limitations of the evidence included in the review.                                                                                                                                                                                                                      | 56-57                           |
|                                                | 23c    | Discuss any limitations of the review processes used.                                                                                                                                                                                                                                | 56-57                           |
|                                                | 23d    | Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.                                                                                                                                                                                                       | 59                              |
| <b>OTHER INFORMATION</b>                       |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Registration and protocol                      | 24a    | Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.                                                                                                                                       |                                 |
|                                                | 24b    | Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.                                                                                                                                                                                       |                                 |
|                                                | 24c    | Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.                                                                                                                                                                                      |                                 |
| Support                                        | 25     | Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.                                                                                                                                                        |                                 |
| Competing interests                            | 26     | Declare any competing interests of review authors.                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |
| Availability of data, code and other materials | 27     | Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.                                           |                                 |

**PRIMARY STABILITY OF IMPLANTS PLACED IN LOW-DENSITY BONE:  
INFLUENCE OF MACROSTRUCTURE, PLACEMENT TECHNIQUE, AND  
MEASUREMENT METHOD. A SYSTEMATIC REVIEW**

**Running title: Primary Stability of Implants in Low-Density Bone: Role of  
Macrostructure, Technique, and Measurement**

**Authors:**

**Alessandro Monaca <sup>1</sup>, Sónica Galán Gil <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *5th year student of the Dentistry degree at the European University of  
Valencia, Valencia, Spain.*

<sup>2</sup> *Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia,  
Spain.*

**Corresponding and reprints author**

Sónica Galán Gil

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

SONICA.GALAN@universidadeuropea.es

## **Abstract**

**Introduction:** Primary implant stability is a determining factor for the success of implant treatment, especially in challenging clinical situations such as low bone density. This systematic review aims to compare different surgical site preparation techniques, assess the influence of implant macrostructure, and analyze the methods used to measure primary stability, with special attention to the correlation between insertion torque (IT) and the implant stability quotient (ISQ).

**Materials and Methods:** An electronic search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases up to December 2024, focusing on the influence of macrostructure, surgical techniques, and stability measurement methods in dental implants placed in low- density bone.

**Results:** Ten studies meeting the inclusion criteria were analyzed. Implants placed using osteotomes and osseodensification showed higher stability values than those placed using under-preparation drilling. The weighted means for insertion torque (IT) were: osteotomes 35.47 Ncm, osseodensification 27.75 Ncm, and under-preparation 18.91 Ncm. For ISQ: osteotomes 63.79, osseodensification 66.60, and under-preparation 65.31. Regarding implant design, cylindrical implants achieved higher mean values than conical ones (IT: 28.63 vs. 26.08; ISQ: 68.12 vs. 64.35). A positive correlation between IT and ISQ was observed, with greater consistency in ISQ values across studies.

**Conclusions:** Both surgical technique and implant design significantly influence primary stability. ISQ appears to be a more reliable indicator in low-density bone, and its combined use with IT provides a more comprehensive assessment. It is recommended to tailor the selection based on bone type and to conduct more standardized clinical studies.

**Keywords:** Primary stability, low-density bone, osseodensification, osteotomes, under-preparation, insertion torque, implant stability quotient (ISQ), implant macrostructure.

## **Introduction:**

Primary implant stability is considered a key parameter for the success of osseointegration and the long-term outcome of implant treatment, especially in low-density bone (1,2). Poor bone quality reduces the capacity for immediate mechanical anchorage and increases the risk of micromovements that may compromise biological integration (3). Over the years, several surgical techniques have been developed to optimize implant–bone contact and improve initial stability. Among these, under-preparation drilling, the use of osteotomes, and osseodensification represent alternative approaches to conventional drilling protocols, enhancing trabecular bone compression in low-density sites (4–7). In addition, the implant's macrostructural geometry significantly influences load distribution and mechanical coupling with bone tissue. Conical designs tend to favor crestal compression and stability in low-density bone, whereas cylindrical designs promote a more homogeneous stress distribution along the implant body (8–11). On the other hand, primary stability is commonly assessed using two main methods: insertion torque (IT) and the implant stability quotient (ISQ). Both provide complementary information regarding the quality of primary anchorage, although they assess different properties of the implant–bone interface (12,13). The objective of this review was to systematically address the following question: In dental implants placed in low-density bone, how does the implant's macroscopic design and the surgical technique used (osteotomes, osseodensification drills, or under-preparation) influence primary stability, and what are the differences between the measurement methods (ISQ via Ostell vs. insertion torque)?

## **Materials and Methods:**

This systematic review was conducted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines (14).

### **- Focus Question**

The research question was formulated using the structured PICO format:

- **P (Population):**

Human patients, animal models, and polyurethane blocks simulating low-

density bone, in which dental implants were placed to assess primary stability.

- **I (Intervention):**

Placement of dental implants in low-density bone using implants with different macrostructures and surgical techniques, with primary stability measured by ISQ (Ostell) or insertion torque.

The techniques included:

- Use of osteotomes
- Osseodensification drills
- Under-preparation technique

- **C (Comparison):**

Comparison of primary stability in implants placed using the three mentioned techniques:

- Use of osteotomes
- Osseodensification drills
- Under-preparation technique

Comparison of primary stability between different implant macrostructures.

Comparison between different methods of measuring primary stability.

- **O (Outcomes):**

- **O1:** To evaluate primary implant stability according to the surgical technique used.
- **O2:** To determine the influence of implant macrostructure on primary stability.
- **O3:** To compare the reliability of primary stability measurement methods: ISQ (Ostell) vs. insertion torque.

- **Eligibility Criteria:**

Included studies comprised clinical trials, prospective and retrospective studies, and in vitro research conducted on animal models or polyurethane blocks simulating type IV bone (according to Lekholm and Zarb). The surgical techniques evaluated were osteotomes, osseodensification, and under-

preparation. Studies were required to report primary stability through IT and/or ISQ.

Reviews, case reports, and studies involving normal-density bone or lacking relevant information on the variables of interest were excluded.

**- Information sources and data search:**

An automated search was conducted in the three previously mentioned databases (PubMed, Scopus, and Web of Science) using specific keywords. These keywords were combined with Boolean operators AND and OR, as well as controlled vocabulary terms ("MeSH" for PubMed), to obtain the most relevant and comprehensive search results. The PubMed search strategy was as follows: (((((((("dental implants"[MeSH Terms]) OR ("dental implants, single tooth"[MeSH Terms])) OR ("dental implantation"[MeSH Terms] OR "dental implantation, endosseous"[MeSH Terms])) OR ("immediate dental implant loading"[MeSH Terms]) OR ("cancellous bone"[MeSH Terms])) OR ("humans"[MeSH Terms]) OR ("adult"[MeSH Terms]) OR ("bone density"[MeSH Terms])) AND ((((((osseointegration[MeSH Terms]) OR (dental implantation, endosseous[MeSH Terms])) OR (biomechanical phenomena[MeSH Terms])) OR ("primary stability"[Title/Abstract])) OR ("initial implant stability"[Title/Abstract])) OR ("initial implant stability quotient"[Title/Abstract])) AND (((((((("bone drilling"[Title/Abstract]) OR ("osseodensification drilling"[Title/Abstract])) OR ("osseodensification drilling technique"[Title/Abstract] OR "osseodensification drilling techniques"[Title/Abstract] OR "osseodensification drills"[Title/Abstract])) OR ("implant placement techniques"[Title/Abstract])) OR ("osteotomes"[Title/Abstract] OR "osteotomes technique"[Title/Abstract])) OR ("bone compaction technique"[Title/Abstract])) OR ("versah drills"[Title/Abstract])) OR ("under drilling"[Title/Abstract])))) AND (((((((("implant stability quotient isq"[Title/Abstract]) OR ("insertion torque"[Title/Abstract])) OR ("ostell"[Title/Abstract])) OR ("ostell device"[Title/Abstract])) OR ("rfa device"[All Fields])) OR ("rfa devices"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis device"[All Fields])) Filters: from 2014 – 2024

To ensure no relevant studies were missed, the process was supplemented by a thorough manual review of the references cited in the bibliographies of all selected articles. Additionally, a manual search was carried out in specialized journals in oral surgery and implantology, such as *Medical Oral Pathology*, *Oral Surgery*, and *Buccal Medicine*, *Journal of Oral Implantology*, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, and *The Journal of Contemporary Dental Practice*.

- **Search strategy:**

The selection process included three stages: title screening, abstract evaluation, and full-text analysis. The previously defined inclusion criteria were applied, and a standardized form was used to extract and verify the eligible data from each study.

- **Extraction data:**

Data were collected regarding the study type, number of implants or samples, bone type, implant site location, surgical technique used (osteotomes, osseodensification, under-preparation), implant design (conical or cylindrical), and measurement method (ISQ and IT).

- **Quality and risk of bias assessment:**

To assess the quality of randomized controlled clinical trials, the Cochrane Handbook 5.1.0 guideline was used (<http://handbook.cochrane.org>). Studies were classified as "low risk of bias" when all criteria were met, and as "high risk of bias" when one or more criteria were not met, indicating a significant risk that could compromise result reliability. Additionally, studies were classified as "unclear risk of bias" when there was insufficient information or uncertainty about the potential bias. For in vitro and ex vivo studies, a modified version of the ARRIVE and CONSORT guidelines was applied (15). This method evaluates study quality based on 12 criteria; each assigned a numerical score.

- **Data synthesis:**

The analyzed studies were grouped into three categories based on the surgical technique used for implant site preparation: under-preparation, osteotomes, and

osseodensification. Primary stability variables were assessed using insertion torque (IT) and resonance frequency analysis (ISQ), also considering the influence of implant macrogeometry. Arithmetic and weighted means were calculated for IT and ISQ in each group.

## **Results:**

### **- Study selection:**

A total of 163 studies were identified through searches in PubMed (n=25), Scopus (n=40), and Web of Science (n=95). Three additional studies were retrieved through manual searches. After applying the inclusion criteria and screening by title and abstract, 38 potentially eligible articles were selected. Of these, 4 full texts could not be retrieved. Finally, 10 studies met the inclusion criteria and were included in the analysis (Fig. 1).

### **- Study characteristics:**

The 10 selected studies evaluated a total of 336 implants: 149 with osseodensification, 134 with under-drilling, and 53 with osteotomes. The models used were human (42 implants), animal (186 implants), and in vitro (108 implants). Regarding implant design, 219 were conical and 117 cylindrical. Five studies applied under-drilling (5,7,11,16,17), five used osseodensification (5,10,11,18,19), and four employed osteotomes (6,7,9,17), with several comparing two or more techniques. Most studies also analyzed implant macrodesign and all included IT and ISQ measurements.

### **- Risk of bias:**

The two included clinical trials were considered to have an unclear risk of bias (Table 1). The in vitro and ex vivo studies, evaluated using a modified ARRIVE and CONSORT scale, reached an average score of 25.75/28. Shafiullah et al. (7) and Degidi et al. (16) obtained the lowest scores, while six studies achieved the maximum score (Table 2).

## - **Synthesis of results:**

### Surgical techniques for implant bed preparation

Osteotomes yielded the highest IT values (arithmetic mean: 35.11 Ncm; weighted mean: 35.47 Ncm), with Tsolaki et al. (9) reporting 45 Ncm and Olmedo-Gaya et al. (17) 38.25 Ncm. Osseodensification achieved an arithmetic mean of 30.92 Ncm and a weighted mean of 27.75 Ncm, with Pranno et al. (10) exceeding 40 Ncm. Under-drilling showed the lowest values (arithmetic mean: 21.82 Ncm; weighted mean: 18.91 Ncm), with variation from  $30.2 \pm 2.1$  Ncm (5) to  $8.87 \pm 6.17$  Ncm (11) (Table 3). In terms of ISQ, osseodensification showed the highest values (weighted mean: 66.60; arithmetic mean: 64.73), peaking in Li et al. (19) ( $78.6 \pm 3.23$ ). Osteotomes offered consistent stability (weighted mean: 63.79), with notable studies by Olmedo-Gaya et al. (17) and Tsolaki et al. (9). Under-drilling showed greater variability: from  $73.4 \pm 2.33$  (16) to  $41.75 \pm 1.2$  (7) (Table 4).

### Macroscopic implant design

Of the 336 implants analyzed, 219 were conical and 117 cylindrical. IT arithmetic means were similar: conical 28.63 Ncm and cylindrical 28.77 Ncm; but the weighted mean favored cylindrical implants (28.63 Ncm vs 26.08 Ncm) (17,19) (Table 5). For ISQ, cylindrical implants also outperformed conical ones (weighted mean: 68.12 vs 64.35). Li et al. (19) reported  $75.5 \pm 2.15$  for conical implants and  $78.6 \pm 3.23$  for cylindrical ones, with no statistically significant differences. Degidi et al. (16) and Millán et al. (11) reinforced this trend (Table 6).

### Primary stability measurement methods

All studies used both IT and ISQ. IT measured immediate mechanical resistance, while ISQ assessed tridimensional rigidity. In Degidi et al. (16), moderate IT ( $20.26 \pm 7.03$ ) was accompanied by high ISQ ( $73.40 \pm 2.33$ ), and in Millán et al. (11), low IT ( $8.87 \pm 6.17$ ) was matched with acceptable ISQ ( $65.16 \pm 7.45$ ). These findings confirm that both methods are complementary: IT assesses initial friction, and ISQ evaluates tridimensional stability, with ISQ showing greater consistency in variable bone or surgical technique conditions.

## **Discussion:**

### **Surgical techniques for implant bed preparation:**

This review directly compares three techniques applied in low-density bone: under-drilling, osteotomes, and osseodensification. Unlike previous studies focusing on comparisons with conventional drilling, this analysis reveals significant differences in terms of primary stability. Formiga et al. showed that under-drilling achieves higher IT and ISQ values than conventional drilling in denser bone blocks, although osseodensification performs better in type IV bone (5). Shafiullah et al. reported that the use of osteotomes in the presence of a simulated cortical layer produces the highest IT and ISQ values, highlighting the consistency of the results compared to alternative techniques (7). Veljanovski et al. confirmed that osseodensification significantly improves torque and ISQ compared to under-drilling in the posterior maxilla, reinforcing its efficacy in type III–IV bone (20). Likewise, Yu et al., through meta-analysis, evidenced that both osteotomes and osseodensification increase ISQ by 6 to 10 points compared to traditional techniques, while under-drilling is less consistent (21). Other authors, such as Althobaiti et al., reported increased bone-to-implant contact after osseodensification (22). However, Hassan et al. found no significant differences in ISQ at six months between osseodensification and under-drilling, although a higher bone density by CBCT was detected in the osseodensification group, suggesting a possible delayed benefit (23).

In summary, the data suggest:

- Osteotomes show superior initial torque, especially with simulated cortical layer;
- Osseodensification provides higher ISQ in trabecular bone;
- Under-drilling, while useful, shows lower predictability in low-density contexts.

Despite these findings, the heterogeneity of models and protocols suggests caution in clinical extrapolation, although the results offer a basis for optimizing surgical technique selection based on patient bone quality.

### Macroscopic implant design:

Conical and cylindrical implants were compared in terms of IT and ISQ. Contrary to much of the literature, this review shows better weighted means for cylindrical implants (IT: 28.63 Ncm vs. 26.08; ISQ: 68.12 vs. 64.35). Makary et al. reported better results for conical implants with aggressive threading in type III bone (>35 Ncm) (24). Ayub and Dewi also concluded that the conical design with square threads is more stable across various clinical scenarios (25). However, Valente et al. demonstrated that in type IV bone, cylindrical implants yield more consistent outcomes with lower dispersion in ISQ and IT (26). Herrero-Climent et al. supported this by observing higher ISQ in underprepared cylindrical implants in type IV bone models (27). Barbosa et al. proposed an intermediate solution: hybrid implants with a cylindrical body and conical apex, combining stability and anatomical adaptability, achieving the highest ISQ and torque values (28). Heimes et al. concluded that the conical design enhances crestal compression and osseointegration in complex zones, while hybrid designs offer versatility (13). This favorable result for cylindrical implants may be due to a more effective interaction with the techniques used. Additionally, the weighted mean may be biased if a single study with many conical implants and low values drags down the overall average. In this review, one such case was identified, possibly influencing the final result. Therefore, implant design selection should consider bone density, surgical technique, and thread type. No geometry is universally superior, but in this review, cylindrical implants offer greater consistency, potentially leading to better clinical predictability.

### Primary stability measurement methods

This analysis included ISQ and IT as complementary measures of stability. ISQ showed greater consistency, especially with compression techniques and implants with active threads. Fu et al. observed high ISQ after osseodensification ( $74.75 \pm 7.03$ ), even with moderate torque, and concluded that ISQ is more robust in low-density bone (29). Guerrero et al. found that the relationship between IT and ISQ depends on the surgical protocol, with ISQ being more representative of three-dimensional stability in type III bone (30). Cucinelli et al. confirmed that although both metrics increase with thread depth, ISQ remains more stable

across different bone densities, reinforcing its value as a longitudinal monitoring tool (31). Dhulipalla et al. emphasized that each method captures different dimensions: IT assesses initial friction, while ISQ measures implant-bone contact rigidity over time (32). In conclusion, IT and ISQ are not equivalent but complementary methods. IT provides immediate and practical information during surgery, while ISQ allows for more objective and standardized monitoring of implant performance in later phases. Furthermore, the results of this review, along with current literature, suggest that ISQ may be a more reliable indicator in low-density bone due to its lower sensitivity to operator-dependent factors and its utility in postoperative follow-up.

### **Bibliography:**

1. Albrektsson T, Sennerby L, Wennerberg A. State of the art of oral implants. *Periodontol* 2000. 2008;47:15–26.
2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The Long-Term Efficacy of Currently Used Dental Implants: A Review and Proposed Criteria of Success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986;1:11–25.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981 Jan;10(6):387–416.
4. Ramos Xavier Coutinho Nascimento L, Monteiro Torelly G, Nelson Elias C. Analysis of bone stress and primary stability of a dental implant using strain and torque measurements. *Saudi Dental Journal*. 2023 Mar 1;35(3):263–9.
5. De Carvalho Formiga M, Gehrke AF, De Bortoli JP, Gehrke SA. Can the design of the instruments used for undersized osteotomies influence the initial stability of implants installed in low-density bone? An in vitro pilot study. *PLoS One*. 2021 Oct 1;16.
6. Xing Y, Khandelwal N, Petrov S, Drew HJ, Mupparapu M. Resonance frequency analysis (RFA) and insertional torque (IT) stability comparisons of implants placed using osteotomes versus drilling techniques: A preliminary case study. *Quintessence Int*. 2015 Oct;46(9):789–98.
7. Shafiullah RS, Hariharan R, Krishnan CS, Azhagarasan NS, Jayakrishnakumar S, Saravanakumar M. Influence of Cortical Layer and Surgical Techniques on the Primary Implant Stability in Low-density Bone: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021 Feb 1;22(2):146–51.
8. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Influence of Stepped Osteotomy on Primary Stability of Implants Inserted in Low-Density Bone Sites: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):37–41.
9. Tsoiaki IN, Tonsekar PP, Najafi B, Drew HJ, Sullivan AJ, Petrov SD. Comparison of osteotome and conventional drilling techniques for primary implant stability: An in vitro study. *Journal of Oral Implantology*. 2016 Aug 1;42(4):321–5.

10. Pranno N, De Angelis F, Fischetto SG, Brauner E, Andreasi Bassi M, Marrapese A, et al. Effects of Osseodensification Protocols on Insertion Torques and the Resonance Frequency Analysis of Conical-Shaped Implants: An In Vitro Study on Polyurethane Foam Blocks. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024 Feb 1;14(3).
11. Barberá-Millán J, Larrazábal-Morón C, Enciso-Ripoll JJ, Pérez-Pevida E, Chávarri-Prado D, Gómez-Adrián MD. Evaluation of the primary stability in dental implants placed in low density bone with a new drilling technique, osseodensification: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2021 May 1;26(3):361–7.
12. Alifarag AM, Lopez CD, Neiva RF, Tovar N, Witek L, Coelho PG. Atemporal osseointegration: Early biomechanical stability through osseodensification. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018 Sep 1;36(9):2516–23.
13. Heimes D, Becker P, Pabst A, Smeets R, Kraus A, Hartmann A, et al. How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review. *Int J Implant Dent*. 2023;9(1).
14. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*. 2010;8(5):336–41.
15. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int*. 2015;2015:1–28.
16. Degidi M, Dapri G, Piattelli A. Influence of underpreparation on primary stability of implants inserted in poor quality bone sites: An in vitro study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015 Jun 1;73(6):1084–8.
17. Olmedo-Gaya M V, Romero-Olid MN, Ocaña-Peinado FM, Vallecillo-Rivas M, Vallecillo C, Reyes-Botella C. Influence of different surgical techniques on primary implant stability in the posterior maxilla: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2023;27(7):3499–508.
18. Bittar BF, Sotto-Maior BS, Devito KL, Rabelo GD, Machado AS, Lopes RT, et al. Assessing peri-implant bone microarchitecture: conventional vs. osseodensification drilling - ex vivo analysis. *Braz Dent J*. 2024;35.
19. Li S, Tan SY, Lee EYM, Miranda LA, Matsubara VH. The Effect of Osseodensification on Ridge Expansion, Intraosseous Temperature, and Primary Implant Stability: A Pilot Study on Bovine Ribs. *Journal of Oral Implantology*. 2023;49(2):179–86.
20. Veljanovski D, Petrovski M, Papakoca K, Spirov V, Susak Z, Baftijari D, et al. Biomechanical Parameters of Implants Placed with Osseodensification Versus Implants Placed with Under-drilling Osteotomy Techniques in Posterior Maxilla: A Comparative Clinical Study. *Open Access Maced J Med Sci*. 2024;12.
21. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24(5):580–90.
22. Althobaiti AK, Ashour AW, Halteet FA, Alghamdi SI, AboShetaih MM, Al-Hayazi AM, et al. A Comparative Assessment of Primary Implant Stability Using Osseodensification vs. Conventional Drilling Methods: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;
23. Hassan MA, Abd E, El-Zefzaf K, Nassar MM. Comparative assessment for osseodensification versus conventional surgical technique in low density bone.

IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS) e-ISSN [Internet]. 2021;20:25–33. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)

24. Makary C, Menhall A, Zammari C, Lombardi T, Lee SY, Stacchi C, et al. Primary stability optimization by using fixtures with different thread depth according to bone density: A clinical prospective study on early loaded implants. *Materials*. 2019;12(15).
25. Ayub FA, Dewi RS. Optimizing Implant Macro-geometry to Improve Primary Stability in Low Bone Density: A Scoping Review. *Journal of Indonesian Dental Association* [Internet]. 2024;49–55. Available from: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jida>
26. Valente ML da C, de Castro DT, Shimano AC, Lepri CP, dos Reis AC. Analysis of the influence of implant shape on primary stability using the correlation of multiple methods. *Clin Oral Investig*. 2015;19(8):1861–6.
27. Herrero-Climent M, Lemos BF, Herrero-Climent F, Falcao C, Oliveira H, Herrera M, et al. Influence of implant design and under-preparation of the implant site on implant primary stability. An in vitro study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):1–13.
28. Barbosa PP, Oliveira VXR de, Goulart JV, Margonar R, Moura MB de, Oliveira GJPL de. Effect of different thread configurations on hydrophilic implant stability. A split-mouth RCT. *Braz Dent J*. 2024;35.
29. Fu PS, Du JK, Tseng FC, Hsu HJ, Lan TH, Kung JC, et al. Comparison of implant stability and marginal bone loss between osseodensification and conventional osteotomy at adjacent implant sites. *J Dent Sci*. 2024;20:1002–7.
30. Rosas-Díaz J, Guerrero ME, Córdova-Limaylla N, Galindo-Gómez M, García-Luna M, Cayo-Rojas C. The Influence of the Degree of Dental Implant Insertion Compression on Primary Stability Measured by Resonance Frequency and Progressive Insertion Torque: In Vitro Study. *Biomedicines*. 2024;12(12).
31. Cucinelli C, Pereira MS, Borges T, Figueiredo R, Leitão-Almeida B. The Effect of Increasing Thread Depth on the Initial Stability of Dental Implants: An In Vitro Study. *Surgeries*. 2024;5(3):817–25.
32. Dhulipalla R, Boyapati R, Katuri KK, Marella Y, Adurty C, Kolaparthi L. Comparative Analysis of Surface Roughness and Design Features of Titanium Dental Implants on Primary Stability and Osseointegration. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024 Jan;16(Suppl 4):3571–3.

**Funding:** None declared.

**Conflict of interest:** None declared.

**Table 1.** Assessment of Risk of Bias in Randomized Studies According to the Cochrane Guidelines.

|                              | Random sequence generation (selection bias) | Allocation concealment (selection bias) | Blinding of outcome assessment (detection bias) | Follow-up and exclusions (attrition bias) | Selective reporting (reporting bias) | Other biases |
|------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|--------------|
| Olmedo-Gaya et al. 2023 (71) | +                                           | +                                       | ?                                               | +                                         | +                                    | ?            |
| Xing et al. 2015 (29)        | +                                           | +                                       | +                                               | ?                                         | +                                    | ?            |

**Table 2.** Categories Used to Assess the Quality of Selected In Vitro and Ex Vivo Studies (Modified from ARRIVE and CONSORT Guidelines).

| Author/year                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pranno et al., 2024 (36) | Bittar et al., 2024 (72) | Li et al., 2023 (73) | De Carvalho Formiga et al., 2021 (27) | Barberá Millán et al., 2021 (37) | Shafiulla h et al., 2021 (31) | Tsolaki et al., 2016 (28) | Degidi et al., 2015 (23) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>1. Title:</b><br>(0) Inaccurate / not concise<br>(1) Concise / appropriate                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1                        | 1                        | 1                    | 1                                     | 1                                | 1                             | 1                         | 1                        |
| <b>2. Abstract:</b><br>Either a structured summary of background, research objectives, key experimental methods, main findings, and study conclusion, or a self-contained abstract (must contain sufficient information to allow a good understanding of the rationale behind the approach)<br>(1) Clearly inadequate<br>(2) Possibly accurate<br>(3) Clearly accurate | 3                        | 3                        | 3                    | 3                                     | 3                                | 2                             | 3                         | 2                        |
| <b>3. Introduction:</b> Background, experimental approach, and explanation of the rationale/hypothesis<br>(1) Insufficient                                                                                                                                                                                                                                             | 3                        | 3                        | 3                    | 3                                     | 3                                | 2                             | 3                         | 2                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (2) Possibly sufficient/some information<br>(3) Clearly adequate/sufficient                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>4. Introduction:</b> Primary and secondary objectives of the experiment (specific primary/secondary goals)<br>(1) Not clearly stated<br>(2) Clearly stated                                                                                                                                                 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| <b>5. Methods:</b> Study design explained; number of experiments and control groups; steps to reduce bias (demonstrating experiment consistency (repeated), sufficient detail for replication, blinding in evaluation, etc.)<br>(1) Clearly insufficient<br>(2) Possibly sufficient<br>(3) Clearly sufficient | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| <b>6. Methods:</b> Precise details of the experimental procedure (i.e., how, when, where, and why)<br>(1) Clearly insufficient<br>(2) Possibly sufficient<br>(3) Clearly sufficient                                                                                                                           | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| <b>7. Methods:</b> How sample size was determined (details of control and experimental groups) and sample size calculation<br>(1) Yes<br>(2) Uncertain/incomplete<br>(3) Adequate/clear                                                                                                                       | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| <b>8. Methods:</b> Details of statistical methods and analyses (statistical methods used to compare groups)<br>(1) Yes<br>(2) Uncertain/incomplete<br>(3) Adequate/clear                                                                                                                                      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| <b>9. Results:</b> Explanation of any excluded data, results of each analysis with a measure of precision such as standard deviation, standard error, or confidence                                                                                                                                           | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |

|                                                                                                                                                                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| interval<br>(1) Yes<br>(2) Uncertain/incomplete<br>(3) Adequate/clear                                                                                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>10. Discussion:</b> Scientific interpretation/implications, limitations, and generalizability/translation<br>(0) Clearly inadequate<br>(1) Possibly accurate<br>(2) Clearly accurate | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  |
| <b>11. Statement of potential conflicts of interest and funding disclosure</b><br>(0) No<br>(1) Yes                                                                                     | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>12. Publication in a peer-reviewed journal</b><br>(0) No<br>(1) Yes                                                                                                                  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                            | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 19 | 28 | 19 |

**Table 3.** Weighted and arithmetic mean of IT for the different surgical techniques.

| Surgical Technique                      | Arithmetic Mean | Weighted Mean | Num. of Implants |
|-----------------------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <i><b>Osseodensification Drills</b></i> | 30.92 Ncm       | 27.75 Ncm     | 149              |
| <i><b>Underdrilling</b></i>             | 21.82 Ncm       | 18.91 Ncm     | 134              |
| <i><b>Osteotomes</b></i>                | 35.11 Ncm       | 35.47 Ncm     | 53               |

**Table 4.** Weighted and arithmetic mean of ISQ for the different surgical techniques.

| Surgical Technique                      | Arithmetic Mean | Weighted Mean | Num. of Implants |
|-----------------------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <i><b>Osseodensification Drills</b></i> | 64.73 ISQ       | 66.60 ISQ     | 149              |
| <i><b>Underdrilling</b></i>             | 59.95 ISQ       | 65.52 ISQ     | 134              |
| <i><b>Osteotomes</b></i>                | 62.77 ISQ       | 63.79 ISQ     | 53               |

**Table 5.** Weighted and arithmetic mean of IT for the different macrostructures.

| Macrostructure     | Arithmetic Mean | Weighted Mean | Num. of Implants |
|--------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <i>Conical</i>     | 28,63 Ncm       | 26,08 Ncm     | 219              |
| <i>Cylindrical</i> | 28,77 Ncm       | 28,63 Ncm     | 117              |

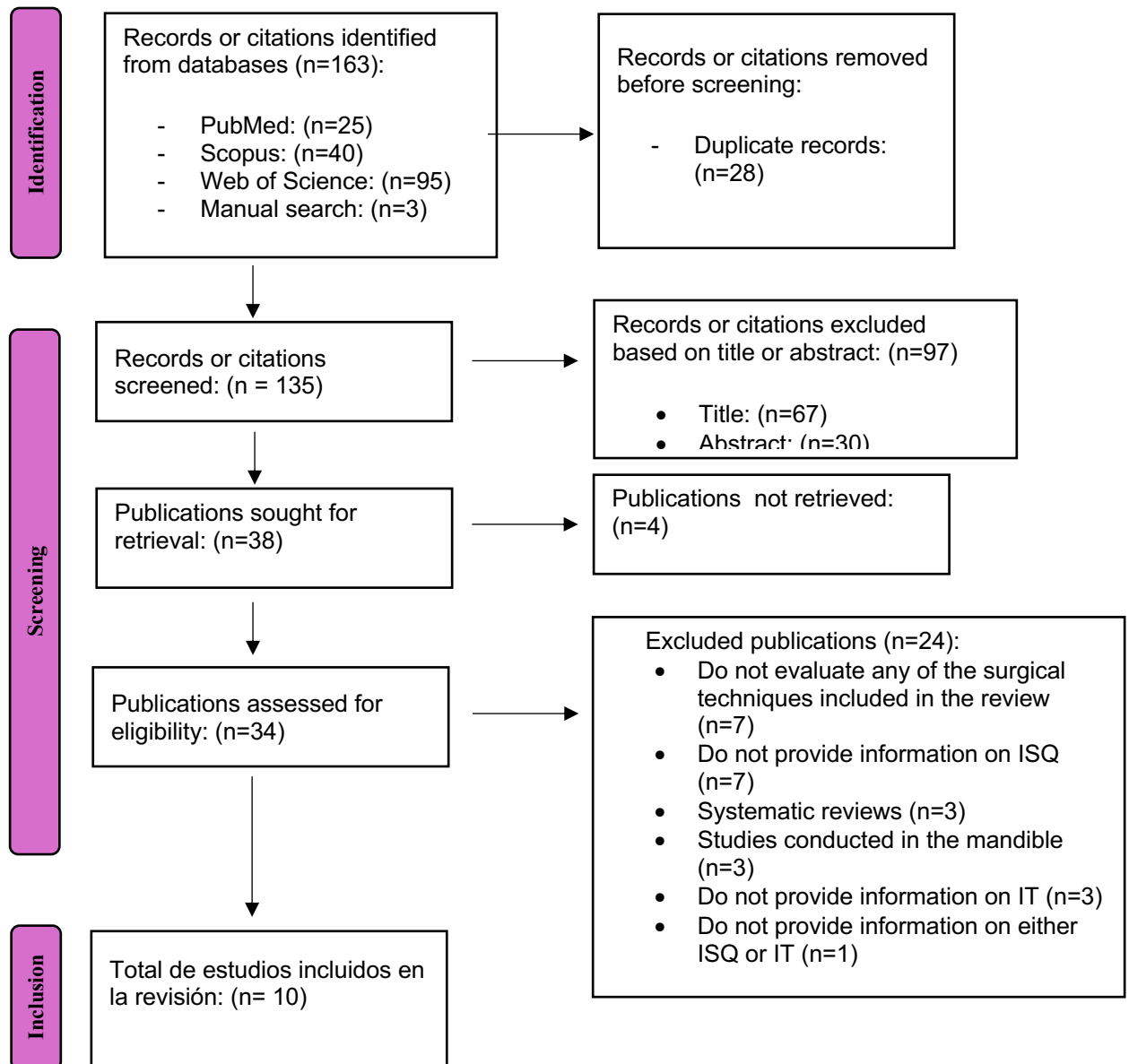
**Table 6.** Weighted and arithmetic mean of ISQ for the different macrostructures.

| Macrostructure     | Arithmetic Mean | Weighted Mean | Num. of Implants |
|--------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <i>Conical</i>     | 60,86 ISQ       | 64,35 ISQ     | 219              |
| <i>Cylindrical</i> | 65,58 ISQ       | 68,12 ISQ     | 117              |

**Table 7.** Data analysis and collection.

| Autores.<br>Año de<br>publicación                  | Tipo de<br>estudio                              | Número<br>de<br>implantes | Tipo de<br>hueso             | Localización<br>sitio<br>implantado                | Diseño<br>macroscópico                                         | Técnica quirúrgica<br>utilizada                                | Métodos de<br>medición de<br>estabilidad                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pranno y<br>cols., 2024<br>(36)                    | Estudio in<br>vitro                             | 48                        | III/IV                       | Bloques de<br>poliuretano                          | Implantes<br>cónicos<br>(3.8mm x<br>12mm)                      | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $40.3 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $62.7 \pm 1.5$ ISQ)                                                                              |
| Bittar y<br>cols., 2024<br>(70)                    | Estudio ex-<br>vivo                             | 6                         | Hueso<br>de baja<br>densidad | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos<br>(3.5mm x<br>8.5mm)                     | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $19.78 \pm 5.26$<br>Ncm), RFA ( $63.25 \pm 4.58$ ISQ)                                                                          |
| Olmedo-<br>Gaya y<br>cols., 2023<br>(69)           | Ensayo<br>clínico<br>aleatorizado<br>controlado | 34                        | IV                           | Maxilar<br>posterior                               | Implantes<br>cilíndricos                                       | Infrafresado (19) y<br>osteótomos (15)                         | IF: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $72.05 \pm 1.22$<br>ISQ)<br>OT: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $70.47 \pm 1.37$<br>ISQ)                          |
| Li y cols.,<br>2023 (71)                           | Estudio in<br>vitro                             | 30                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Costillas<br>bovinas<br>(modelo<br>animal)         | Implantes<br>cónicos 15 y<br>15 cilíndricos<br>(5mm x<br>10mm) | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD cilíndricos: IT<br>( $36 \pm 4.18$ Ncm),<br>RFA ( $78.6 \pm 3.23$<br>ISQ)<br>OD cónicos: IT (40+<br>Ncm), RFA ( $75.5 \pm 2.15$ ISQ) |
| De<br>Carvalho<br>Formiga y<br>cols., 2021<br>(27) | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | IV                           | Bloques de<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético) | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 11mm)                           | Infrafresado (10) y<br>fresas de<br>osseodensificación<br>(10) | IF: IT ( $30.2 \pm 2.1$<br>Ncm), RFA ( $47.4 \pm 2.6$ ISQ)<br>OD: IT ( $17.4 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $38.6 \pm 2.2$ )                   |
| Barberá<br>Millán y<br>cols., 2021<br>(37)         | Estudio in<br>vitro                             | 110                       | IV                           | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 10mm)                           | Fresas de<br>osseodensificación<br>(55) y infrafresado<br>(55) | IF: IT ( $8.87 \pm 6.17$<br>Ncm), RFA ( $65.16 \pm 7.45$ ISQ)<br>OD: IT ( $21.72 \pm 17.15$ Ncm), RFA<br>( $69.75 \pm 6.79$ ISQ)        |
| Shafiullah<br>y cols.,<br>2021 (31)                | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Bloque<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético)     | Implantes<br>cilíndricos<br>(5mm x<br>11.5mm)                  | Infrafresado (10) y<br>Osteótomos (10)                         | IF: IT ( $22.40 \pm 1.62$<br>Ncm), RFA ( $41.75 \pm 1.20$ ISQ)<br>OT: IT ( $27.69 \pm 1.2$<br>Ncm), RFA ( $52.5 \pm 1.05$ ISQ)          |

|                            |                                        |    |                        |                                          |                                                       |                                               |                                                                                                         |
|----------------------------|----------------------------------------|----|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tsolaki y cols., 2016 (28) | Estudio in vitro                       | 20 | Hueso de baja densidad | Bloque de poliuretano (modelo sintético) | Implantes cónicos (4mm x 10mm y 13 mm)                | Osteótomos                                    | OT 4x10mm: IT (45 Ncm), RFA (64.50 ± 1.08 ISQ)<br>OT 4x13mm: IT (45 Ncm), RFA (67.30 ± 1.25 ISQ)        |
| Xing y cols., 2015 (29)    | Ensayo clínico aleatorizado controlado | 8  | Hueso de baja densidad | Maxilar posterior                        | Implantes cilíndricos (4mm x 10mm)                    | Osteótomos                                    | OT: IT (32.5 ± 9.87 Ncm), RFA (63.6 ± 12.2 ISQ)                                                         |
| Degidi y cols., 2015 (23)  | Estudio in vitro                       | 40 | IV                     | Cadera bovina (modelo animal)            | Implantes cilíndricos (3.8mm x 11mm) y (4.5mm x 11mm) | Infracresado 10% (20) y Infracresado 25% (20) | IF 10%: IT (20.26 ± 7.03), RFA (73.40 ± 2.33 ISQ)<br>IF 25%: IT (17.15 ± 10.39), RFA (72.30 ± 6.70 ISQ) |



**Fig. 1.** PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review

**ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD PRIMARIA DE IMPLANTES COLOCADOS  
EN HUESO DE BAJA DENSIDAD: INFLUENCIA DE LA  
MACROESTRUCTURA, LA TÉCNICA DE COLOCACIÓN Y LA FORMA DE  
MEDICIÓN. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**Título corto: Estabilidad Primaria de Implantes en Hueso de Baja  
Densidad: Influencia de la Macroestructura, la Técnica y la Medición**

**Autores:**

**Alessandro Monaca <sup>1</sup>, Sónica Galán Gil <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Estudiante de quinto año del Grado en Odontología en la Universidad  
Europea de Valencia, Valencia, España.*

<sup>2</sup> *Profesor en la Facultad de Odontología de la Universidad Europea de  
Valencia, Valencia, España.*

**Correspondencia**

Sónica Galán Gil  
Paseo Alameda 7, Valencia  
46010, Valencia  
SONICA.GALAN@universidadeuropea.es

## **Resumen**

**Introducción:** La estabilidad primaria del implante es un factor determinante en el éxito del tratamiento implantológico, especialmente en situaciones clínicas comprometidas como el hueso de baja densidad. Esta revisión sistemática tiene como objetivo comparar diferentes técnicas quirúrgicas de preparación del lecho, evaluar la influencia de la macroestructura del implante y analizar los métodos de medición de la estabilidad primaria, con especial atención a la correlación entre el torque de inserción (IT) y el índice de estabilidad (ISQ).

**Material y métodos:** Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos Pubmed, Scopus y Web of Science sobre la influencia de la macroestructura, de las técnicas quirúrgicas y de las técnicas de medición en estabilidad primaria de implantes colocados en hueso de baja densidad hasta diciembre 2024.

**Resultados:** Se analizaron 10 estudios que cumplieron los criterios de inclusión. Los implantes colocados mediante osteótomos y oseodensificación presentaron mayores valores de estabilidad que el infra-fresado. Las medias ponderadas de torque (IT) fueron: osteótomos 35,47 Ncm, oseodensificación 27,75 Ncm e infra-fresado 18,91 Ncm. Para el ISQ: osteótomos 63,79, oseodensificación 66,60 e infra-fresado 65,31. En cuanto al diseño, los implantes cilíndricos obtuvieron valores medios superiores a los cónicos (IT: 28,63 vs. 26,08; ISQ: 68,12 vs. 64,35). Se observó una correlación positiva entre IT e ISQ, con mayor consistencia en los valores de ISQ entre estudios.

**Conclusiones:** La técnica quirúrgica y el diseño del implante influyen significativamente en la estabilidad primaria. El ISQ resulta un indicador más fiable en huesos de baja densidad, y su uso combinado con el IT proporciona una evaluación más integral. Se recomienda individualizar la selección según el tipo óseo y realizar más estudios clínicos homogéneos.

**Palabras clave:** Estabilidad primaria, hueso de baja densidad, oseodensificación, osteótomos, infra-fresado, torque de inserción, cociente de estabilidad del implante (ISQ), macroestructura del implante.

## **Introducción:**

La estabilidad primaria del implante se considera un parámetro determinante para el éxito de la osteointegración y la longevidad del tratamiento implantológico, especialmente en hueso de baja densidad (1,2). La calidad ósea limitada reduce la capacidad de anclaje mecánico inmediato y aumenta el riesgo de micromovimientos que comprometen la integración biológica (3). A lo largo de los años, se han desarrollado múltiples técnicas quirúrgicas que buscan optimizar el contacto implante-hueso y mejorar la estabilidad inicial. Entre ellas, el infra-fresado, el uso de osteótomos y la oseodensificación representan enfoques alternativos al protocolo convencional de fresado, favoreciendo la compresión del hueso trabecular en sitios de baja densidad (4–7). Además, la geometría macroestructural del implante influye considerablemente en la distribución de cargas y en el acoplamiento mecánico con el tejido óseo. El diseño cónico suele favorecer la compresión crestal y la estabilidad en condiciones de baja densidad, mientras que el diseño cilíndrico ofrece una distribución más homogénea del esfuerzo a lo largo del cuerpo del implante (8–11). Por otro lado, la medición de la estabilidad primaria se realiza comúnmente mediante dos métodos principales: el torque de inserción (IT) y el cociente de estabilidad del implante (ISQ). Ambos ofrecen información complementaria sobre la calidad del anclaje primario, aunque miden propiedades distintas del implante en su entorno óseo (12,13). El objetivo de la presente revisión fue revisar sistemáticamente la siguiente pregunta: *En implantes dentales colocados en hueso de baja densidad ¿cómo influye el diseño macroscópico del implante, la técnica quirúrgica empleada (osteótomos, fresas de óseo densificación o infrafresado) y cuál es la diferencia entre los métodos de medición (ISQ mediante Ostell vs. torque de inserción) en la estabilidad primaria?*

## **Material y metodós:**

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta - Analyses) (14)

## **- Pregunta Pico**

El formato de la pregunta se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO:

### **P (Población):**

Pacientes humanos, modelos animales y bloques de poliuretano que simulan hueso de baja densidad, donde se colocaron implantes dentales para evaluar la estabilidad primaria

### **I (Intervención):**

Colocación de implantes dentales en hueso de baja densidad, con dispositivos de distinta macroestructura, utilizando distintas técnicas quirúrgicas, midiendo la estabilidad primaria mediante ISQ (Ostell) o torque de inserción.

Las técnicas incluyen:

- Uso de osteótomos
- Fresas de oseodensificación
- Técnica de infrafresado

### **C (Comparación):**

Comparación de la estabilidad primaria en los implantes colocados con las tres técnicas mencionadas:

- Uso de osteótomos
- Fresas de oseodensificación
- Técnica de infrafresado

Comparación de la estabilidad primaria en implantes de distintas macroestructuras.

Comparación de distintos métodos de medición de la estabilidad primaria

### **O (Resultados):**

- **O1:** Evaluar la estabilidad primaria de los implantes según la técnica quirúrgica utilizada
- **O2:** Determinar cómo influye la macroestructura del implante en la estabilidad primaria
- **O3:** Comparar la fiabilidad de los métodos de medición de estabilidad primaria: ISQ (Ostell) frente a torque de inserción

**- Criterios de elegibilidad:**

Se incluyeron ensayos clínicos, estudios prospectivos, retrospectivos y estudios in vitro realizados en modelos animales o bloques de poliuretano que simularan hueso tipo IV (según Lekholm y Zarb). Las técnicas quirúrgicas evaluadas fueron osteótomos, oseodensificación e infra-fresado. Los estudios debían reportar estabilidad primaria mediante IT y/o ISQ. Se excluyeron revisiones, casos clínicos y estudios en hueso de densidad normal o sin información relevante sobre las variables de interés.

**- Fuente de información y estrategia de la búsqueda de datos:**

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) con las palabras clave. Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND y OR, así como con los términos controlados ("MeSH" para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda. La búsqueda en Pubmed fue la siguiente : (((((((("dental implants"[MeSH Terms]) OR ("dental implants, single tooth"[MeSH Terms]) OR ("dental implantation"[MeSH Terms] OR "dental implantation, endosseous"[MeSH Terms])) OR ("immediate dental implant loading"[MeSH Terms]) OR ("cancellous bone"[MeSH Terms]) OR ("humans"[MeSH Terms]) OR ("adult"[MeSH Terms]) OR ("bone density"[MeSH Terms]) AND (((((osseointegration[MeSH Terms]) OR (dental implantation, endosseous[MeSH Terms]) OR (biomechanical phenomena[MeSH Terms]) OR ("primary stability"[Title/Abstract]) OR ("initial implant stability"[Title/Abstract]) OR ("initial implant stability quotient"[Title/Abstract]))) AND (((((((("bone drilling"[Title/Abstract]) OR ("osseodensification drilling"[Title/Abstract]) OR ("osseodensification drilling technique"[Title/Abstract] OR "osseodensification drilling techniques"[Title/Abstract] OR "osseodensification drills"[Title/Abstract]) OR ("implant placement techniques"[Title/Abstract])) OR ("osteotomes"[Title/Abstract] OR "osteotomes technique"[Title/Abstract])) OR ("bone compaction technique"[Title/Abstract]) OR ("versah drills"[Title/Abstract])) OR ("under drilling"[Title/Abstract])))) AND (((((((("implant stability quotient isq"[Title/Abstract]) OR ("insertion torque"[Title/Abstract]) OR

("ostell"[Title/Abstract])) OR ("ostell device"[Title/Abstract])) OR ("rfa device"[All Fields])) OR ("rfa devices"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis"[All Fields])) OR ("resonance frequency analysis device"[All Fields]) Filters: from 2014 – 2024

Con el objetivo de identificar cualquier estudio elegible que pudiera haberse omitido en la búsqueda inicial, se complementó el proceso con una revisión exhaustiva de las referencias citadas en la bibliografía de cada uno de los estudios seleccionados. Además, se realizó una búsqueda manual de artículos en revistas especializadas en cirugía e implantología bucal, como *Medical Oral Pathology, Oral Surgery, and Buccal Medicine, Journal of Oral Implantology, Journal of Oral and Maxillofacial surgery, the Journal of Contemporary Dental Practice*.

**- Proceso de selección de los estudios:**

El proceso incluyó tres etapas: revisión de títulos, evaluación de resúmenes y análisis a texto completo. Se aplicaron los criterios de inclusión previamente definidos y se utilizó un formulario estandarizado para extraer y verificar los datos elegibles de cada estudio.

**- Extracción de datos:**

Se recolectaron datos sobre tipo de estudio, número de implantes o muestras, tipo de hueso, localización del sitio implantado, técnica quirúrgica utilizada (osteótomos, oseodensificación, infra-fresado), diseño del implante (cónico o cilíndrico) y método de medición (ISQ e IT).

**- Valoración de la calidad:**

Para evaluar la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados, se empleó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). Los estudios se clasificaron como de “bajo riesgo de sesgo” cuando cumplían con todos los criterios establecidos, y como de “alto riesgo de sesgo” cuando no se cumplía uno o más criterios, lo que indicaba la presencia de un sesgo significativo que podría afectar la fiabilidad de los resultados. Además, se clasificaron como de “riesgo incierto de sesgo” en los casos en que existiera falta de información o

incertidumbre sobre el potencial de sesgo. Para la evaluación del riesgo de sesgo se utilizó una escala modificada de ARRIVE y CONSORT (15). Se trata de un método de evaluación para estudios en vitro y ex-vivo que permite evaluar la calidad de los estudios analizando 12 ítems a los cuales se les da un valor numérico.

**- Síntesis de datos:**

Los estudios analizados se agruparon en tres categorías según la técnica quirúrgica utilizada para la preparación del lecho implantológico: infra-fresado, osteótomos y oseodensificación. Se evaluaron las variables de estabilidad primaria mediante torque de inserción (IT) y análisis de frecuencia de resonancia (ISQ), considerando también la influencia del diseño macroestructural del implante. Se calcularon medias aritméticas y ponderadas para IT e ISQ en cada grupo.

**Resultados:**

**- Selección de estudios:**

Se identificaron 163 estudios a través de la búsqueda en PubMed (n=25), Scopus (n=40) y Web of Science (n=95). Se añadieron tres estudios por búsqueda manual. Tras aplicar los criterios de inclusión y cribado por título y resumen, se obtuvieron 38 artículos potencialmente elegibles. De estos, 4 no fueron recuperados en texto completo. Finalmente, 10 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y se incorporaron al análisis (Fig. 1).

**- Análisis de las características de los estudios revisados:**

Los 10 estudios seleccionados evaluaron un total de 336 implantes: 149 con oseodensificación, 134 con infra-fresado y 53 mediante osteótomos. Los modelos utilizados fueron humanos (42 implantes), animales (186 implantes) e in vitro (108 implantes). En cuanto al diseño, 219 implantes eran cónicos y 117 cilíndricos. Cinco estudios aplicaron infra-fresado (5,7,11,16,17), cinco oseodensificación (5,10,11,18,19) y cuatro osteótomos (6,7,9,17), con varios de ellos comparando dos o más técnicas. La mayoría de los estudios analizaron también el diseño macroscópico y todos incluyeron mediciones de IT e ISQ.

- **Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo:**

Los dos ensayos clínicos incluidos presentaron un riesgo incierto de sesgo (Tabla 1. Los estudios in vitro y ex vivo, evaluados mediante una escala modificada de ARRIVE y CONSORT, alcanzaron una puntuación media de 25,75/28. Shafiullah y cols. (7) y Degidi y cols. (16) obtuvieron las puntuaciones más bajas, mientras que seis estudios lograron el máximo (Tabla 2).

- **Síntesis de resultados:**

Técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho implantológico

Los osteótomos mostraron el IT más alto (media aritmética: 35,11 Ncm; ponderada: 35,47 Ncm), destacando Tsolaki y cols. (9) con 45 Ncm y Olmedo-Gaya y cols. (17) con 38,25 Ncm. La oseodensificación alcanzó una media aritmética de 30,92 Ncm y ponderada de 27,75 Ncm, con Pranno y cols. (10) superando 40 Ncm. El infrafresado mostró los valores más bajos (media aritmética: 21,82 Ncm; ponderada: 18,91 Ncm), con variaciones desde  $30,2 \pm 2,1$  Ncm (5) hasta  $8,87 \pm 6,17$  Ncm (11) (Tabla 3). En ISQ, la oseodensificación presentó los valores más altos (media ponderada: 66,60; aritmética: 64,73), con el pico en Li et al. (19) ( $78,6 \pm 3,23$ ). Los osteótomos ofrecieron estabilidad consistente (media ponderada: 63,79), destacando estudios como Olmedo-Gaya (17) y Tsolaki (9). El infrafresado mostró mayor variabilidad: desde  $73,4 \pm 2,33$  (16) hasta  $41,75 \pm 1,2$  (7) (Tabla 4).

Diseño macroscópico de los implantes

De los 336 implantes analizados, 219 eran cónicos y 117 cilíndricos. En IT, las medias aritméticas fueron similares: cónicos 28,63 Ncm y cilíndricos 28,77 Ncm; pero la media ponderada favoreció los cilíndricos (28,63 Ncm vs 26,08 Ncm) (17,19) (Tabla 5). En ISQ, los cilíndricos también fueron superiores (media ponderada: 68,12 vs 64,35). El estudio de Li y cols. (19) reportó  $75,5 \pm 2,15$  en cónicos frente a  $78,6 \pm 3,23$  en cilíndricos, sin diferencias estadísticamente significativas. Degidi y cols. (16) y Millán y cols. (11) refuerzan esta tendencia (Tabla 6).

### Métodos de medición de estabilidad primaria

Todos los estudios emplearon IT e ISQ. El IT reflejó resistencia mecánica inmediata y el ISQ la rigidez tridimensional. En Degidi y cols. (16) se observó IT moderado ( $20,26 \pm 7,03$ ) con ISQ alto ( $73,40 \pm 2,33$ ), y en Millán y cols. (11), IT bajo ( $8,87 \pm 6,17$ ) con ISQ aceptable ( $65,16 \pm 7,45$ ). Esto confirma que ambos métodos son complementarios: el IT valora la fricción inicial y el ISQ la estabilidad tridimensional, siendo este último más consistente ante variabilidad ósea o técnica quirúrgica.

### Discusión

#### Técnicas quirúrgicas para la preparación del lecho implantológico

Esta revisión compara directamente tres técnicas aplicadas en hueso de baja densidad: infra-fresado, osteótomos y oseodensificación. A diferencia de otros trabajos centrados en comparaciones con el fresado convencional, el presente análisis revela diferencias significativas en cuanto a estabilidad primaria. Formiga y cols. muestran que el infra-fresado alcanza valores de IT e ISQ superiores al fresado convencional en bloques densos, aunque la oseodensificación mejora el rendimiento en hueso tipo IV (5). Por su parte, Shafiullah et al. reportan que el uso de osteótomos en presencia de capa cortical simulada genera los valores más altos de IT e ISQ, destacando la consistencia del resultado frente a técnicas alternativas (7). Veljanovski y cols. confirman que la oseodensificación mejora significativamente torque e ISQ frente al infra-fresado en maxilar posterior, reforzando su eficacia en huesos tipo III-IV (20). Del mismo modo, Yu y cols., mediante metaanálisis, evidencian que tanto osteótomos como oseodensificación incrementan ISQ entre 6 y 10 puntos frente a técnicas tradicionales, siendo el infra-fresado menos consistente (21). Otros autores, como Althobaiti y cols., evidencian un mayor contacto hueso-implante tras oseodensificación (22). Sin embargo, Hassan y cols. no detectan diferencias significativas de ISQ a seis meses entre oseodensificación e infra-fresado, aunque sí una mayor densidad ósea por CBCT en el grupo oseodensificación, indicando un posible beneficio diferido (23).

En conjunto, los datos sugieren que:

- Los osteótomos destacan en torque inicial, especialmente con capa cortical simulada;
- La oseodensificación ofrece mayor ISQ en hueso trabecular;
- El infra-fresado, aunque útil, muestra menor predictibilidad en contextos de baja densidad.

Pese a estas evidencias, la heterogeneidad de modelos y protocolos aconseja cautela en la extrapolación clínica, aunque los hallazgos proporcionan una base para optimizar la elección quirúrgica según la calidad ósea del paciente.

### Diseño macroscópico de los implantes

Se compararon implantes cónicos y cilíndricos en términos de IT e ISQ. A diferencia de lo descrito en la literatura, esta revisión observa mejores medias ponderadas para los cilíndricos (IT: 28,63 Ncm vs 26,08; ISQ: 68,12 vs 64,35). Makary y cols. reportan mejores resultados para cónicos con rosca agresiva en hueso tipo III (>35 Ncm) (24). Ayub y Dewi también concluyen que el diseño cónico con roscas cuadradas es más estable en múltiples condiciones clínicas (25). Sin embargo, Valente y cols. muestran que en hueso tipo IV los cilíndricos son más constantes y con menor dispersión de ISQ e IT (26). Herrero-Climent y cols. refuerzan esta línea observando mayores ISQ en cilíndricos subpreparados en modelos tipo IV (27). Barbosa y cols. proponen una solución intermedia: implantes híbridos con cuerpo cilíndrico y ápice cónico que combinan estabilidad y adaptación anatómica, logrando los mayores valores de ISQ y torque (28). Heimes y cols. concluyen que el diseño cónico favorece la compresión crestal y la osteointegración en zonas complejas, pero que los híbridos aportan versatilidad (13). Este resultado favorable a los cilíndricos podría deberse a una interacción más efectiva con las técnicas utilizadas. Además, la media ponderada puede estar sesgada si un solo estudio con muchos implantes cónicos y valores bajos arrastra hacia abajo la media general. En esta revisión se identificó un caso con ese patrón, lo que podría haber influido en el resultado final. Por tanto, la elección del diseño debe considerar la densidad ósea, la técnica quirúrgica y el tipo de rosca. Ninguna geometría es superior de forma universal, pero en esta revisión los cilíndricos ofrecen mayor consistencia, lo que podría traducirse en mejor predictibilidad clínica.

### Métodos de medición de estabilidad primaria

El análisis incluyó ISQ e IT como medidas complementarias de estabilidad. El ISQ mostró mayor consistencia, especialmente en técnicas de compresión y en implantes con roscas activas. Fu et al. observan ISQ elevado tras oseodensificación ( $74,75 \pm 7,03$ ), incluso con torque moderado, y concluyen que ISQ es más robusto en baja densidad (29). Guerrero y cols. encuentran que la relación entre IT e ISQ depende del protocolo quirúrgico, siendo el ISQ más representativo de la estabilidad tridimensional en hueso tipo III (30). Cucinelli y cols. confirman que, aunque ambos aumentan con mayor profundidad de rosca, ISQ se mantiene más constante entre distintas densidades, reafirmando su valor como herramienta de seguimiento longitudinal (31). Dhulipalla y cols. destacan que ambos métodos capturan dimensiones diferentes: el IT mide la fricción inicial y el ISQ la rigidez del contacto implante-hueso a lo largo del tiempo (32). En conclusión, los datos analizados confirman que el IT y el ISQ son métodos complementarios que no miden exactamente lo mismo, pero cuya combinación proporciona una valoración más integral y confiable de la estabilidad primaria del implante, especialmente en contextos clínicos complejos como el tratamiento en hueso tipo IV. Mientras el IT aporta información inmediata y práctica durante el acto quirúrgico, el ISQ permite monitorizar de forma más objetiva y estandarizada el comportamiento del implante en fases posteriores. Además, los resultados de esta revisión, junto con la literatura actual, sugieren que el ISQ puede ser un indicador más fiable en situaciones de baja densidad ósea, debido a su menor sensibilidad a los factores operatorios y su utilidad en el seguimiento postoperatorio.

### Bibliografía:

1. Albrektsson T, Sennerby L, Wennerberg A. State of the art of oral implants. *Periodontol* 2000. 2008;47:15–26.
2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The Long-Term Efficacy of Currently Used Dental Implants: A Review and Proposed Criteria of Success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986;1:11–25.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981 Jan;10(6):387–416.

4. Ramos Xavier Coutinho Nascimento L, Monteiro Torelly G, Nelson Elias C. Analysis of bone stress and primary stability of a dental implant using strain and torque measurements. *Saudi Dental Journal*. 2023 Mar 1;35(3):263–9.
5. De Carvalho Formiga M, Gehrke AF, De Bortoli JP, Gehrke SA. Can the design of the instruments used for undersized osteotomies influence the initial stability of implants installed in low-density bone? An in vitro pilot study. *PLoS One*. 2021 Oct 1;16.
6. Xing Y, Khandelwal N, Petrov S, Drew HJ, Mupparapu M. Resonance frequency analysis (RFA) and insertional torque (IT) stability comparisons of implants placed using osteotomes versus drilling techniques: A preliminary case study. *Quintessence Int*. 2015 Oct;46(9):789–98.
7. Shafiullah RS, Hariharan R, Krishnan CS, Azhagarasan NS, Jayakrishnakumar S, Saravanakumar M. Influence of Cortical Layer and Surgical Techniques on the Primary Implant Stability in Low-density Bone: An In Vitro Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021 Feb 1;22(2):146–51.
8. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Influence of Stepped Osteotomy on Primary Stability of Implants Inserted in Low-Density Bone Sites: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jan;32(1):37–41.
9. Tsolaki IN, Tonsekar PP, Najafi B, Drew HJ, Sullivan AJ, Petrov SD. Comparison of osteotome and conventional drilling techniques for primary implant stability: An in vitro study. *Journal of Oral Implantology*. 2016 Aug 1;42(4):321–5.
10. Pranno N, De Angelis F, Fischetto SG, Brauner E, Andreasi Bassi M, Marrapese A, et al. Effects of Osseodensification Protocols on Insertion Torques and the Resonance Frequency Analysis of Conical-Shaped Implants: An In Vitro Study on Polyurethane Foam Blocks. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024 Feb 1;14(3).
11. Barberá-Millán J, Larrazábal-Morón C, Enciso-Ripoll JJ, Pérez-Pevida E, Chávarri-Prado D, Gómez-Adrián MD. Evaluation of the primary stability in dental implants placed in low density bone with a new drilling technique, osseodensification: An in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2021 May 1;26(3):361–7.
12. Alifarag AM, Lopez CD, Neiva RF, Tovar N, Witek L, Coelho PG. Atemporal osseointegration: Early biomechanical stability through osseodensification. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018 Sep 1;36(9):2516–23.
13. Heimes D, Becker P, Pabst A, Smeets R, Kraus A, Hartmann A, et al. How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review. *Int J Implant Dent*. 2023;9(1).
14. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*. 2010;8(5):336–41.
15. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. *Stem Cells Int*. 2015;2015:1–28.

16. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Influence of underpreparation on primary stability of implants inserted in poor quality bone sites: An in vitro study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2015 Jun 1;73(6):1084–8.
17. Olmedo-Gaya M V, Romero-Olíd MN, Ocaña-Peinado FM, Vallecillo-Rivas M, Vallecillo C, Reyes-Botella C. Influence of different surgical techniques on primary implant stability in the posterior maxilla: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2023;27(7):3499–508.
18. Bittar BF, Sotto-Maior BS, Devito KL, Rabelo GD, Machado AS, Lopes RT, et al. Assessing peri-implant bone microarchitecture: conventional vs. osseodensification drilling - ex vivo analysis. *Braz Dent J*. 2024;35.
19. Li S, Tan SY, Lee EYM, Miranda LA, Matsubara VH. The Effect of Osseodensification on Ridge Expansion, Intraosseous Temperature, and Primary Implant Stability: A Pilot Study on Bovine Ribs. *Journal of Oral Implantology*. 2023;49(2):179–86.
20. Veljanovski D, Petrovski M, Papakoca K, Spirov V, Susak Z, Baftijari D, et al. Biomechanical Parameters of Implants Placed with Osseodensification Versus Implants Placed with Under-drilling Osteotomy Techniques in Posterior Maxilla: A Comparative Clinical Study. *Open Access Maced J Med Sci*. 2024;12.
21. Yu X, Chang C, Guo W, Wu Y, Zhou W, Yu D. Primary implant stability based on alternative site preparation techniques: A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;24(5):580–90.
22. Althobaiti AK, Ashour AW, Halteet FA, Alghamdi SI, AboShetaih MM, Al-Hayazi AM, et al. A Comparative Assessment of Primary Implant Stability Using Osseodensification vs. Conventional Drilling Methods: A Systematic Review. *Cureus*. 2023;
23. Hassan MA, Abd E, El-Zefzaf K, Nassar MM. Comparative assessment for osseodensification versus conventional surgical technique in low density bone. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS)* e-ISSN [Internet]. 2021;20:25–33. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
24. Makary C, Menhall A, Zammarie C, Lombardi T, Lee SY, Stacchi C, et al. Primary stability optimization by using fixtures with different thread depth according to bone density: A clinical prospective study on early loaded implants. *Materials*. 2019;12(15).
25. Ayub FA, Dewi RS. Optimizing Implant Macro-geometry to Improve Primary Stability in Low Bone Density: A Scoping Review. *Journal of Indonesian Dental Association* [Internet]. 2024;49–55. Available from: <http://jurnal.pdgi.or.id/index.php/jida>
26. Valente ML da C, de Castro DT, Shimano AC, Lepri CP, dos Reis AC. Analysis of the influence of implant shape on primary stability using the correlation of multiple methods. *Clin Oral Investig*. 2015;19(8):1861–6.
27. Herrero-Climent M, Lemos BF, Herrero-Climent F, Falcao C, Oliveira H, Herrera M, et al. Influence of implant design and under-preparation of the implant site on implant primary stability. An in vitro study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):1–13.
28. Barbosa PP, Oliveira VXR de, Goulart JV, Margonar R, Moura MB de, Oliveira GJPL de. Effect of different thread configurations on hydrophilic implant stability. A split-mouth RCT. *Braz Dent J*. 2024;35.

29. Fu PS, Du JK, Tseng FC, Hsu HJ, Lan TH, Kung JC, et al. Comparison of implant stability and marginal bone loss between osseodensification and conventional osteotomy at adjacent implant sites. *J Dent Sci.* 2024;20:1002–7.
30. Rosas-Díaz J, Guerrero ME, Córdova-Limaylla N, Galindo-Gómez M, García-Luna M, Cayo-Rojas C. The Influence of the Degree of Dental Implant Insertion Compression on Primary Stability Measured by Resonance Frequency and Progressive Insertion Torque: In Vitro Study. *Biomedicines.* 2024;12(12).
31. Cucinelli C, Pereira MS, Borges T, Figueiredo R, Leitão-Almeida B. The Effect of Increasing Thread Depth on the Initial Stability of Dental Implants: An In Vitro Study. *Surgeries.* 2024;5(3):817–25.
32. Dhulipalla R, Boyapati R, Katuri KK, Marella Y, Adurty C, Kolaparthi L. Comparative Analysis of Surface Roughness and Design Features of Titanium Dental Implants on Primary Stability and Osseointegration. *J Pharm Bioallied Sci.* 2024 Jan;16(Suppl 4):3571–3.

**Financiamiento:** ninguno declarado.

**Conflicto de interés:** ninguno declarado.

**Tabla 1.** Medición del riesgo de sesgo de los estudios randomizados según la guía Cochrane.

|                               | Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección) | Ocultación de la asignación (sesgo selección) | Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección) | Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción) | Descripción selectiva (sesgo informe) | Otros sesgos |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Olmedo-Gaya y cols. 2023 (71) | +                                                | +                                             | ?                                                     | +                                           | +                                     | ?            |
| Xing y cols. 2015 (29)        | +                                                | +                                             | +                                                     | ?                                           | +                                     | ?            |

**Tabla 2.** Categorías utilizadas para evaluar la calidad de estudios in vitro y ex-vivo seleccionados (modificados de las pautas ARRIVE y CONSORT).

| Autor/año                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Pranno y cols., 2024 (36) | Bittar y cols., 2024 (72) | Li y cols., 2023 (73) | De Carvalho Formiga y cols., 2021 (27) | Barberá Millán y cols., 2021 (37) | Shafiulla h y cols., 2021 (31) | Tsolaki y cols., 2016 (28) | Degidi y cols., 2015 (23) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>1. Título</b><br>(0) Inexacto/no conciso<br>(1) Conciso/adecuado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                         | 1                         | 1                     | 1                                      | 1                                 | 1                              | 1                          | 1                         |
| <b>2. Resumen:</b> ya sea un resumen estructurado de los antecedentes, objetivos de investigación, métodos experimentales clave, principales hallazgos y conclusión del estudio o autocontenido (debe contener suficiente información para permitir una buena comprensión de la justificación del enfoque)<br>(1) Claramente inadecuado<br>(2) Posiblemente precisa<br>(3) Claramente precisa | 3                         | 3                         | 3                     | 3                                      | 3                                 | 2                              | 3                          | 2                         |
| <b>3. Introducción:</b> antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis<br>(1) Insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente/algo información                                                                                                                                                                                                                    | 3                         | 3                         | 3                     | 3                                      | 3                                 | 2                              | 3                          | 2                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (3) Claramente cumple/suficiente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4. <b>Introducción:</b> objetivos de preprimaria y secundaria para el experimento (objetivos primarios/secundarios específicos)<br>(1) No está claramente establecido<br>(2) Claramente establecido                                                                                                                                                                | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5. <b>Métodos:</b> diseño del estudio explicado número de experimentos y grupos de control, pasos para reducir el sesgo (demostrando la consistencia del experimento (hecho más de una vez), detalle suficiente para la replicación, cegamiento en la evaluación, etc.)<br>(1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente<br>(3) Claramente suficiente | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 6. <b>Métodos:</b> detalles precisos del procedimiento experimental (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué)<br>(1) Claramente insuficiente<br>(2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente                                                                                                                                                              | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 7. <b>Métodos:</b> Como se determinó el tamaño de la muestra (detalles del control y grupo experimental) y cálculo del tamaño de la muestra.<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro                                                                                                                                                            | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 8. <b>Métodos:</b> detalles de métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar grupos)<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro                                                                                                                                                                                      | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 9. <b>Resultados:</b> explicación de cualquier dato excluido, resultados de cada análisis con una medida de                                                                                                                                                                                                                                                        | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 |

|                                                                                                                                                                                                |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza<br>(1) Sí<br>(2) Incierto/incompleto<br>(3) Adecuado/claro                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10. <b>Discusión:</b><br>interpretación/implicación científica, limitaciones, y generalizabilidad/traducción<br>(0) Claramente inadecuado<br>(1) Posiblemente exacto<br>(2) Claramente precisa | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  | 1  |
| 11. <b>Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamiento</b><br>(0) No<br>(1) Sí                                                                                           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 12. <b>Publicación en una revista revisada por pares</b><br>(0) No<br>(1) Sí                                                                                                                   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                   | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 19 | 28 | 19 |

**Tabla 3.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| Técnica quirúrgica                  | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <b>Fresas de osseodensificación</b> | 30.92 Ncm        | 27.75 Ncm       | 149          |
| <b>Infrafresado</b>                 | 21.82 Ncm        | 18.91 Ncm       | 134          |
| <b>Osteótomos</b>                   | 35.11 Ncm        | 35.47 Ncm       | 53           |

**Tabla 4.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes técnicas quirúrgicas.

| Técnica quirúrgica                  | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <b>Fresas de osseodensificación</b> | 64.73 ISQ        | 66.60 ISQ       | 149          |
| <b>Infrafresado</b>                 | 59.95 ISQ        | 65.52 ISQ       | 134          |
| <b>Osteótomos</b>                   | 62.77 ISQ        | 63.79 ISQ       | 53           |

**Tabla 5.** Media ponderada y aritmética del IT de las diferentes macroestructuras.

| Macroestructura   | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <i>Cónica</i>     | 28,63 Ncm        | 26,08 Ncm       | 219          |
| <i>Cilíndrica</i> | 28,77 Ncm        | 28,63 Ncm       | 117          |

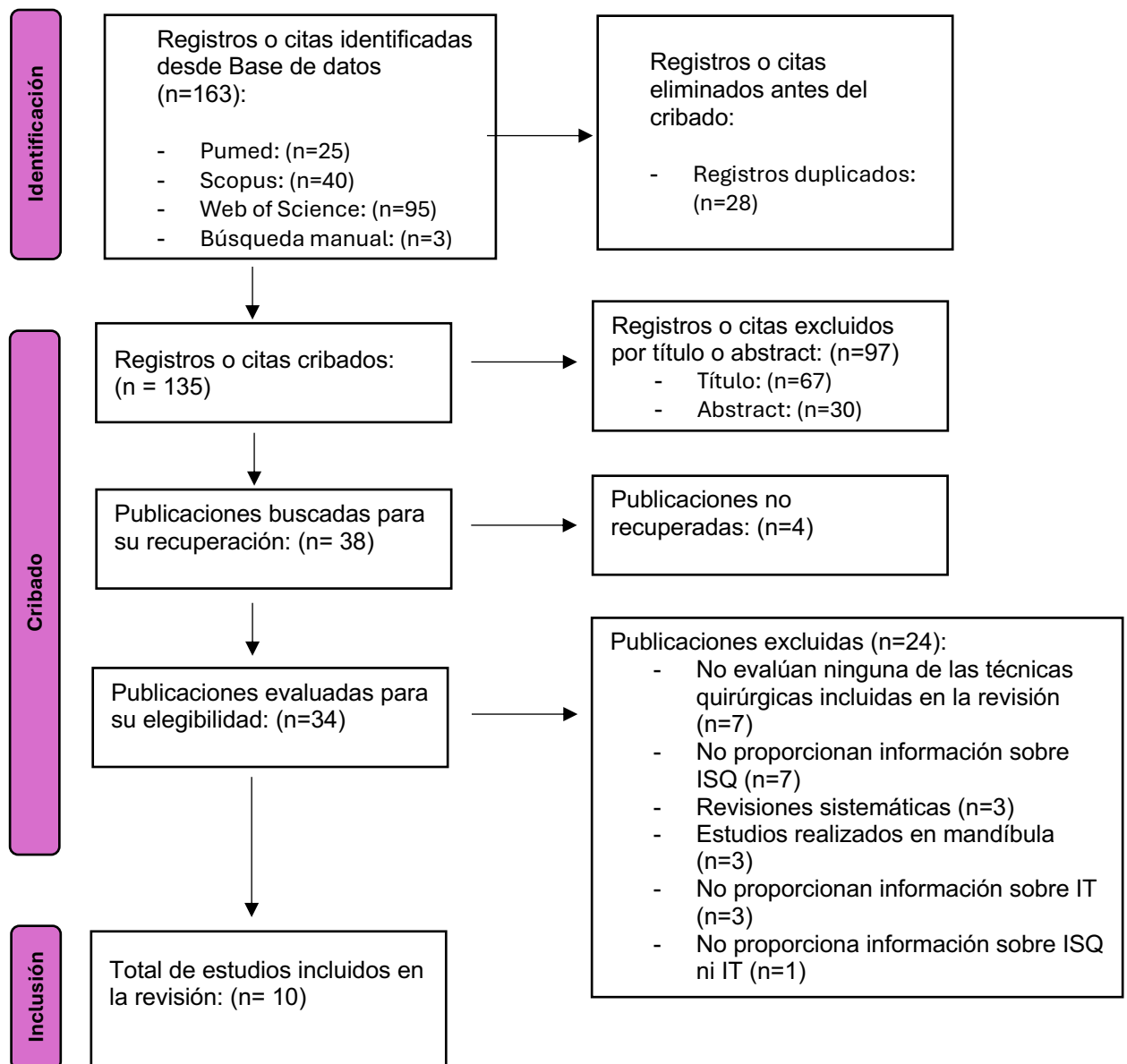
**Tabla 6.** Media ponderada y aritmética del ISQ de las diferentes macroestructuras.

| Macroestructura   | Media aritmética | Media ponderada | Numero Impl. |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|
| <i>Cónica</i>     | 60,86 ISQ        | 64,35 ISQ       | 219          |
| <i>Cilíndrica</i> | 65,58 ISQ        | 68,12 ISQ       | 117          |

**Tabla 7.** Análisis y recogida de datos

| Autores.<br>Año de<br>publicación                  | Tipo de<br>estudio                              | Número<br>de<br>implantes | Tipo de<br>hueso             | Localización<br>sitio<br>implantado                | Diseño<br>macroscópico                                         | Técnica quirúrgica<br>utilizada                                | Métodos de<br>medición de<br>estabilidad                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pranno y<br>cols., 2024<br>(36)                    | Estudio in<br>vitro                             | 48                        | III/IV                       | Bloques de<br>poliuretano                          | Implantes<br>cónicos<br>(3.8mm x<br>12mm)                      | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $40.3 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $62.7 \pm 1.5$ ISQ)                                                                              |
| Bittar y<br>cols., 2024<br>(70)                    | Estudio ex-<br>vivo                             | 6                         | Hueso<br>de baja<br>densidad | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos<br>(3.5mm x<br>8.5mm)                     | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD: IT ( $19.78 \pm 5.26$<br>Ncm), RFA ( $63.25 \pm 4.58$ ISQ)                                                                          |
| Olmedo-<br>Gaya y<br>cols., 2023<br>(69)           | Ensayo<br>clínico<br>aleatorizado<br>controlado | 34                        | IV                           | Maxilar<br>posterior                               | Implantes<br>cilíndricos                                       | Infrafresado (19) y<br>osteótomos (15)                         | IF: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $72.05 \pm 1.22$<br>ISQ)<br>OT: IT (38.25 Ncm),<br>RFA ( $70.47 \pm 1.37$<br>ISQ)                          |
| Li y cols.,<br>2023 (71)                           | Estudio in<br>vitro                             | 30                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Costillas<br>bovinas<br>(modelo<br>animal)         | Implantes<br>cónicos 15 y<br>15 cilíndricos<br>(5mm x<br>10mm) | Fresas de<br>osseodensificación                                | OD cilíndricos: IT<br>( $36 \pm 4.18$ Ncm),<br>RFA ( $78.6 \pm 3.23$<br>ISQ)<br>OD cónicos: IT (40+<br>Ncm), RFA ( $75.5 \pm 2.15$ ISQ) |
| De<br>Carvalho<br>Formiga y<br>cols., 2021<br>(27) | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | IV                           | Bloques de<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético) | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 11mm)                           | Infrafresado (10) y<br>fresas de<br>osseodensificación<br>(10) | IF: IT ( $30.2 \pm 2.1$<br>Ncm), RFA ( $47.4 \pm 2.6$ ISQ)<br>OD: IT ( $17.4 \pm 1.6$<br>Ncm), RFA ( $38.6 \pm 2.2$ )                   |
| Barberá<br>Millán y<br>cols., 2021<br>(37)         | Estudio in<br>vitro                             | 110                       | IV                           | Tibia<br>porcina<br>(modelo<br>animal)             | Implantes<br>cónicos (4mm<br>x 10mm)                           | Fresas de<br>osseodensificación<br>(55) y infrafresado<br>(55) | IF: IT ( $8.87 \pm 6.17$<br>Ncm), RFA ( $65.16 \pm 7.45$ ISQ)<br>OD: IT ( $21.72 \pm 17.15$ Ncm), RFA<br>( $69.75 \pm 6.79$ ISQ)        |
| Shafiullah<br>y cols.,<br>2021 (31)                | Estudio in<br>vitro                             | 20                        | Hueso<br>de baja<br>densidad | Bloque<br>poliuretano<br>(modelo<br>sintético)     | Implantes<br>cilíndricos<br>(5mm x<br>11.5mm)                  | Infrafresado (10) y<br>Osteótomos (10)                         | IF: IT ( $22.40 \pm 1.62$<br>Ncm), RFA ( $41.75 \pm 1.20$ ISQ)<br>OT: IT ( $27.69 \pm 1.2$<br>Ncm), RFA ( $52.5 \pm 1.05$ ISQ)          |

|                            |                                        |    |                        |                                          |                                                       |                                               |                                                                                                         |
|----------------------------|----------------------------------------|----|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tsolaki y cols., 2016 (28) | Estudio in vitro                       | 20 | Hueso de baja densidad | Bloque de poliuretano (modelo sintético) | Implantes cónicos (4mm x 10mm y 13 mm)                | Osteótomos                                    | OT 4x10mm: IT (45 Ncm), RFA (64.50 ± 1.08 ISQ)<br>OT 4x13mm: IT (45 Ncm), RFA (67.30 ± 1.25 ISQ)        |
| Xing y cols., 2015 (29)    | Ensayo clínico aleatorizado controlado | 8  | Hueso de baja densidad | Maxilar posterior                        | Implantes cilíndricos (4mm x 10mm)                    | Osteótomos                                    | OT: IT (32.5 ± 9.87 Ncm), RFA (63.6 ± 12.2 ISQ)                                                         |
| Degidi y cols., 2015 (23)  | Estudio in vitro                       | 40 | IV                     | Cadera bovina (modelo animal)            | Implantes cilíndricos (3.8mm x 11mm) y (4.5mm x 11mm) | Infracresado 10% (20) y Infracresado 25% (20) | IF 10%: IT (20.26 ± 7.03), RFA (73.40 ± 2.33 ISQ)<br>IF 25%: IT (17.15 ± 10.39), RFA (72.30 ± 6.70 ISQ) |



**Fig. 1.** Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.