



**Universidad
Europea** VALENCIA

**Grado en
ODONTOLOGÍA**

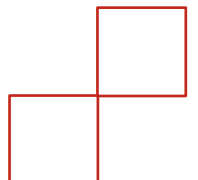
**Trabajo Fin de Grado
Curso 2022-23**

**Comparación de la precisión de escaneado en
rehabilitaciones sobre implantes mediante
escáner intraoral vs escáner intraoral
combinado con fotogrametría: una revisión
sistemática.**

Presentado por: Sarah Avino

Tutora: Natalia Herrero Román

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

*A mi tutora Natalia,
por su constante dedicación , compromiso y capacidad de ver siempre más allá.*

*Alla mia famiglia,
per essere la mia ancora in questa meravigliosa traversata.*

*A Nonna Lina,
per trasmettermi la consapevolezza e la forza di poter affrontare qualsiasi
sfida a testa alta.*

*Ai miei amici e compagni di viaggio,
per aver reso questo cammino speciale, vi porterò sempre con me.*

*Allo staff Alisei,
per avermi insegnato che non esiste distanza per trasmettere la motivazione e
l'appoggio costante.*

*A Marcel,
testimone di ogni passo e complice di tanti altri insieme.*

ÍNDICE:

1. RESUMEN	7
2. ABSTRACT	9
3. PALABRAS CLAVE.....	11
4. INTRODUCCIÓN	13
4.1. Flujo digital.....	13
4.2. Digitalización en odontología	13
4.2.1. Ramas que emplean la digitalización.....	16
4.2.2. <i>Implantología y prótesis</i>	18
4.3. Impresiones digitales	19
4.3.1. Escáner intraoral	19
4.3.2. Fotogrametría.....	20
5. JUSTIFICACIÓN E HYPOTHESIS	23
6. OBJETIVOS	24
6.1. Objetivo principal	24
6.2. Objetivos secundarios.....	24
7. MATERIAL Y MÉTODO	25
7.1. Identificación de la pregunta PICO.....	25
7.2. Criterios de elegibilidad, inclusión y exclusión.....	25
7.3. Fuentes de información y estrategia de búsqueda de datos.....	26
7.4. Proceso de selección de artículos.....	30
7.5. Extracción de datos.....	30
7.6. Valoración de calidad.....	31
7.7. Síntesis de datos	31
8. RESULTADOS	31
8.1. Flow Chart.....	31
8.2. Análisis de las características de los estudios revisados.....	33
8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.....	35
8.4. Síntesis de resultados.....	37
9. DISCUSIÓN :	38
10. CONCLUSION.....	45
11. BIBLIOGRAFÍA.....	46
12. ANEXOS	51

1. RESUMEN

Introducción:

Cuando hablamos de flujo digital en Odontología, hacemos referencia a que todo el trabajo, desde el diagnóstico hasta el tratamiento, está mediado por tecnología digital y esto favorece en términos de tiempo y precisión muchas tareas. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática sobre la precisión de escaneado en rehabilitaciones sobre implantes mediante escáner intraoral vs fotogrametría y la combinación de las dos técnicas, así como evaluar la influencia que tienen en la precisión el disparalelismo, número de implantes y tipo de escáner utilizados.

Material y método:

Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science sobre impresión digital con escáner intraoral o con fotogrametría en rehabilitaciones sobre múltiples implantes hasta febrero de 2023.

Resultados:

De los 312 artículos potencialmente elegibles, 6 cumplieron con los criterios de inclusión, todos in-vitro, de los cuales 5 describían el uso de escáneres intraorales como: "TRIOS 3", "3SHAPE", "iTero" y de fotogrametría como: "Icam4D", "Imetric4D" explicando también la diferente angulación y número de implantes puestos. En total el uso del escáner intraoral y de la fotogrametría fue probado en 32 implantes. La revisión sistemática realizada indica que la precisión (RMS) de la impresión intraoral es mayor en el escaneado intraoral realizado con fotogrametría (distorsión 0.34) que en el escaneado realizado con escáner intraoral (distorsión 1,56) y que la combinación de las dos técnicas puede proporcionar más precisión.

Conclusiones:

En conclusión, la revisión sistemática realizada sugiere que el escaneado intraoral combinado con fotogrametría es una técnica más precisa que el escaneado intraoral convencional en rehabilitaciones sobre implantes. En la precisión de escaneado influyen el disparalelismo y número de implantes: aumentado estos valores aumenta la distorsión.

Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar estos resultados y determinar las limitaciones y ventajas de cada técnica en diferentes situaciones clínicas.

2. ABSTRACT

Introduction:

When we talk about digital workflow in Dentistry, we refer to the use of digital technology throughout the entire process, from diagnosis to treatment. The digitization of workflow procedures offers many advantages in terms of time and precision. The objective of this study is to conduct a systematic review on the accuracy of scanning in implant-supported rehabilitations using intraoral scanners versus photogrammetry, as well as to evaluate the influence of angulation, number of implants, and type of scanner on accuracy.

Materials and Methods:

An electronic search was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases for articles on digital impressions using intraoral scanners or photogrammetry in rehabilitations with multiple implants up until February 2023.

Results:

Out of the 312 potentially eligible articles, 6 met the inclusion criteria, all of which were in vitro studies. Among them, 5 described the use of intraoral scanners such as "TRIOS 3," "3SHAPE," and "iTero," and photogrammetry scanners such as "Icam4D" and "Imetric4D," also explaining the different angulation and number of placed implants. In total, the use of intraoral scanners and photogrammetry was tested on 32 implants. The conducted systematic review indicates that the precision (RMS) of intraoral scanning is higher in intraoral scanning with photogrammetry (distortion 0.34) than in intraoral scanning with intraoral scanners (distortion 1.56), and the combination of both techniques can provide greater precision.

Conclusions:

In conclusion, the systematic review suggests that combining intraoral scanning with photogrammetry is a more accurate technique than conventional intraoral scanning for implant-supported rehabilitations. The accuracy of scanning is influenced by angulation and the number of implants: increasing these values leads to higher distortion. However, more studies are needed to confirm these results and determine the limitations and advantages of each technique in different clinical situations.

3. PALABRAS CLAVE

- I.** *Arcadas edéntulas*
- II.** *Rehabilitación protésica*
- III.** *Implantes dentales*
- IV.** *Maxilar superior*
- V.** *Comparación*
- VI.** *Rehabilitacion de arco completo*
- VII.** *Terapia de implantes*
- VIII.** *Prótesis dental fija*
- IX.** *Rehabilitación de multiples implantes desfavorablemente posicionados*
- X.** *Implantes angulados*
- XI.** *Implantes paralelos*
- XII.** *Impresión dental*
- XIII.** *Impresión digital*
- XIV.** *Escáner intraoral*
- XV.** *Escáneres intraorales*
- XVI.** *Impresión con escáner intraoral*
- XVII.** *Escaneado intraoral*
- XVIII.** *Modelos dentales 3D*
- XIX.** *Método de escaneo digital*
- XX.** *Flujo digital*
- XXI.** *Impresión óptica*
- XXII.** *Fotogrametría*
- XXIII.** *Precisión*
- XXIV.** *Stereofotogrametría*
- XXV.** *Técnica de impresión fotogramétrica*
- XXVI.** *Exactitud*
- XXVII.** *Precisión*

4. INTRODUCCIÓN

4.1. Flujo digital

Hoy en día la tecnología es parte fundamental de múltiples aspectos de nuestra vida cotidiana: nuestros pensamientos, recuerdos, relaciones, fantasías y sentimientos fluyen por diversos medios y plataformas digitales.

Estamos inmersos en un pleno proceso de digitalización por parte del sector empresarial e industrial que conlleva a un cambio radical en la forma de acercarse al mundo y al trabajo.

Las nuevas tecnologías que se introducen en las organizaciones como el Big Data, los drones o la inteligencia artificial tienen un enorme impacto en el mercado laboral. Según algunos autores, estos avances forman parte de una nueva era, la era digital, activada por una 4ª Revolución Industrial. Después de la máquina de vapor, la electricidad y las TIC (tecnología de información y comunicación), las tecnologías digitales podrían traer cambios rigurosos en las organizaciones debido a su omnipresencia, complejidad y creciente integración. En particular, los nuevos sistemas digitales parecen estar dotados de capacidades novedosas como la inteligencia artificial que puede resolver problemas de todo tipo. Mientras que anteriormente los diferentes sistemas tecnológicos no podían conectarse entre sí, los actuales permiten intercambiar información y al mismo tiempo aseguran también la comunicación entre personas, máquinas y objetos (1).

El tema de la digitalización es de interés para todos nosotros, como personas y como profesionales.

4.2. Digitalización en odontología

La digitalización de la profesión médica, en todos los sectores, avanza inexorablemente y ofrece ventajas que combinan flujos de trabajo analógicos con las nuevas tecnologías (2).

Las tecnologías digitales pueden ayudar a los médicos para tomar decisiones precisas basadas en el diagnóstico, así como ayudar a los pacientes a dar un consentimiento mejor informado sobre su propio tratamiento. Además, se pueden proporcionar nuevas opciones para facilitar la prevención o el diagnóstico temprano de enfermedades potencialmente mortales y el manejo de

afecciones crónicas fuera de los entornos de atención tradicionales mediante un enfoque innovador de salud digital. El amplio alcance de la salud digital incluye la informatización de procesos asistenciales, digitalización de documentos médicos, informatización de historias clínicas, creación de expedientes y recetas electrónicos (3).

En el campo de la odontología existen varias especialidades que han sufrido cambios evidentes en todos los pasos de los protocolos y materiales que permite una planificación protésica/funcional precisa, una preevaluación estética adecuada de la terapia propuesta, la ejecución asistida por computadora del tratamiento, así como un seguimiento continuo de los pacientes. La principal revolución fue la tecnología Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD-CAM), propuesta inicialmente para aumentar el rendimiento de las restauraciones, reducir los costos y los tiempos de fabricación, y mejorar la satisfacción/estética del paciente. Las tecnologías CAD-CAM agilizan tanto el proyecto como la ejecución, consistente en un diseño tridimensional (planificación/proyecto) del tratamiento virtual mediante el uso de un ordenador, que da como resultado la producción por parte del uso de fresadoras o máquinas de impresión. Esta tecnología ofrece varias ventajas, como la precisión de una computadora, la rapidez de la impresión digital, la calidad de los productos hechos digitalmente y su reproducibilidad en cualquier momento (4).

Cuando hablamos de flujo digital en Odontología, hacemos referencia a que todo el trabajo, desde el principio o diagnóstico, hasta el final o tratamiento, está mediado por tecnología digital. La digitalización de los procedimientos de trabajo, que sustituyen a los métodos manuales tradicionales, favorece en términos de tiempo y precisión muchas tareas que hasta hace pocos años eran inalcanzables (5).

El uso de la odontología digital está aumentando a medida que los costos de adquisición de tecnología digital (radiología digital, por ejemplo) han disminuido drásticamente y han permitido que más profesionales integren equipos digitales con una inversión reducida. La odontología digital actualmente carece de flujos de trabajo universales bien definidos que puedan integrarse perfectamente en cualquier práctica (6). La interoperabilidad es un problema, y diferentes dispositivos de adquisición de datos de diferentes empresas

exportarán diferentes tipos de archivos. Aunque el archivo de escaneo digital universalmente aceptado es la estereolitografía (STL), algunos de los escáneres preferirán exportar en sus propios archivos de escaneo nativos, como un formato de archivo de polígono (PLY) que deberá convertirse a STL. Uno de los mayores desafíos de lo digital es encontrar otros miembros del equipo dental que usen tecnología digital, porque muchos de los laboratorios de pequeña escala aún no son completamente digitales debido a la falta de volumen de envío de casos digitales. El costo para los pequeños laboratorios de adquirir tecnología de impresión interna y software de diseño digital puede no ser económicamente factible si la mayoría de su lista actual de clientes no es digital (7).

El análisis y diseño de sonrisa digital se escribió por primera vez a principios de la década de 2000, lo que condujo al desarrollo de varios programas informáticos para el análisis estético. En 2008, se desarrolló el primer protocolo de diseño de sonrisa digital totalmente guiado por el rostro. La combinación de fotografías faciales, extraorales e intraorales con modelos digitales en 3D facilitó la aplicación de un flujo de trabajo completamente digital para evaluar parámetros estéticos y plan de tratamiento de sonrisas en 3D. Desde entonces, las tecnologías digitales en odontología han progresado de una manera que pocos podrían haber predicho. Estas tecnologías permiten el establecimiento de resultados verdaderamente estéticos a través de bibliotecas de algoritmos de dientes y sonrisas naturales, que son superiores a los encerados y configuraciones hechos a mano porque no dependen de las habilidades individuales ni de la interpretación subjetiva. La tecnología se usa para involucrar emocionalmente al paciente al recrear la visión de una posible sonrisa futura que puede tener un impacto significativo en su autoestima. Esto 'desprogramará' la mentalidad de los pacientes con respecto a la odontología, que suele ser extremadamente negativa, y los 'reconectará' con una visión positiva y emocionante de cómo la odontología puede cambiar sus vidas (8).

La estética es otra aplicación que se beneficia de los escáneres intraorales y el flujo de trabajo digital, que consiste en el diseño y la simulación de sonrisas, maquetas de prototipos y fabricación de carillas. Esto es posible mediante la adquisición de impresiones digitales, una serie de fotos de la cara

y de la sonrisa del paciente y de un software de diseño de sonrisa que permite moldear toda la apariencia del área de la sonrisa. De esta manera, los clínicos tienen la oportunidad de discutir con el paciente y decidir con él/ella la estética de la restauración antes de que comience el tratamiento. Este punto es crucial para comprender las expectativas del paciente (4)(7).

Hacer que los flujos de trabajo digitales sean la rutina y no la excepción es de fundamental importancia para hacer crecer una práctica dental en este nuevo entorno.

4.2.1. Ramas que emplean la digitalización

En **ortodoncia**, la introducción de escáneres intraorales y faciales, máquinas de impresión 3D y, antes de eso, la radiología digital CBTC, han mejorado tanto el diagnóstico como la ejecución del tratamiento de ortodoncia. Los modelos de estudio digital ofrecen una alternativa viable a los modelos de yeso tradicionales. Sus ventajas en el diagnóstico de ortodoncia y la planificación del tratamiento incluyen la transferencia más fácil y rápida de datos electrónicos, consulta inmediata y espacio reducido para almacenamiento. Las impresiones/modelos digitales pueden analizarse mediante un software de análisis de ortodoncia capaz de analizar los dientes, la forma del arco, la cantidad de apiñamiento o espaciado, el tipo de maloclusión, etc. se puede medir el tamaño, la longitud del arco, las distancias transversales y la discrepancia de Bolton. Todo ello permite simular y previsualizar el resultado del tratamiento. Además, el modelo digital se puede finalmente imprimir con tecnología de creación de prototipos para fines de diagnóstico o tratamiento. La aplicación más común de las impresoras 3D en ortodoncia es la fabricación de alineadores. Otras aplicaciones son la fabricación de guías para el vendaje indirecto de brackets, la producción de retenedores y aparatos para apneas nocturnas (4).

En **periodoncia** el uso de radiografías es de fundamental importancia para el diagnóstico de enfermedad periodontal.

La nueva generación de dispositivos DVT (tomografía digital volumétrica) está representada por un tipo de unidad que permite que el paciente esté sentado durante todo el examen radiográfico, con una región de imagen

libremente seleccionable. La imagen tiene un grosor de corte de 1 mm y el tamaño de vóxel bajo de 0,125 mm garantiza una alta calidad de imagen. El registro de datos proporciona imágenes en una resolución de 512- 512 píxeles y se puede ver y procesar en una computadora personal en todos los planos con el software apropiado. Una de las principales ventajas de las nuevas DVT es su exposición a la radiación comparativamente baja. En un estudio in vitro con mandíbulas nativas de cerdos y humanos, se investigó la precisión y calidad con la que se representan los defectos periodontales mediante DVT, TC, radiografía intraoral (IR) y radiografía panorámica (PR). Las tomografías computarizadas y la DVT mostraron solo una ligera desviación en la extensión de los defectos periodontales (7).

La digitalización es el primer paso que involucra un flujo de trabajo de odontología **restauradora** actual y consiste básicamente en convertir cualquier volumen físico 2D o 3D en un lenguaje de información electrónica codificada en términos de sólo dos dígitos posibles (0 o 1) normalmente contenidos en un archivo informático. Aunque el proceso de digitalización se limitó inicialmente al uso del CAD/CAM , hoy en día se ha revolucionado una gama mucho más amplia de procedimientos dentales digitalizados: cámaras fotográficas digitales, espectrofotómetros para igualar el color de los dientes, escáneres intraorales y extraorales dispositivos radiológicos 2D/3D, espectrofotogrametría, escáneres faciales y sistemas de seguimiento de mandíbula son los principales (2).

En **endodoncia** las imágenes radiográficas son una parte integral del diagnóstico y tratamiento del caso. El uso del CBCT es un método que produce imágenes tridimensionales sin distorsiones de las estructuras maxilofaciales, incluidos los dientes y los tejidos circundantes, con una dosis de radiación efectiva más baja que las tomografías computarizadas médicas y es fundamental en condiciones endodónticas complejas como: Detección de Periodontitis Apical (PA), Fractura Raíz Vertical (VRF), Reabsorción radicular, Traumatología alveolar, Anatomía compleja y Calcificación del conducto. Las imágenes en 3D ayudan en la visualización y la planificación de la terapia de endodoncia (2).

4.2.2. Implantología y prótesis

En este trabajo nos enfocamos en el área de la implantología oral en la cual el plan de tratamiento está compuesto por cuatro fases: diagnóstico, planificación, cirugía y rehabilitación protésica.

Diagnóstico: en esta primera fase se consiguen los datos necesarios para el estudio del caso: una imagen radiológica 3D (CBCT), una impresión dental con escáner de impresión digital que captura las estructuras intraorales y las convierte en datos digitales (STL) y fotografías profesionales. Los modelos dentales virtuales se pueden mostrar en 2D a lo largo de las secciones transversales y en 3D para evaluar la superficie de la mucosa desde diferentes puntos de vista (9).

Planificación: Después de la importación, segmentación y registro de datos, se planifica la configuración protésica y la posición virtual del implante. La configuración protésica combina la posición ideal de la prótesis implantosoportada y tiene en cuenta el diseño del pilar con su perfil de emergencia, la morfología del diente, los contactos oclusales y proximales. Con esta información, los implantes se pueden posicionar virtualmente en imágenes transversales y modelos de superficie tridimensionales reconstruidos a partir del volumen radiográfico (9).

Cirugía: a través de la planificación virtual de los implantes y la topografía de la superficie obtenida de la impresión digital se puede realizar una férula o plantilla quirúrgica guiada por computadora impresa en 3D para facilitar el acto quirúrgico y favorecer la última fase de rehabilitación protésica (3).

Rehabilitación protésica: La fabricación de prótesis dentales completas con la ayuda de la tecnología de diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD-CAM) se evaluó por primera vez en la década de 1990 y se ha visto un aumento exponencial de su popularidad en los últimos años. Este rápido crecimiento puede atribuirse a los avances en tecnología, la facilidad de uso de esta y los protocolos clínicos asociados, la reducción en el tiempo de sillón clínico, así como la reducción en el tiempo y costos de fabricación (10).

4.3. Impresiones digitales

El diagnóstico por imágenes en 3D es un enfoque innovador en el campo de las disciplinas médicas y particularmente en el campo dental.

Muchos tratamientos comienzan con la adquisición de impresiones dentales que ahora se pueden detectar rápidamente utilizando un escáner intraoral (o digitalizando modelos de yeso convencionales utilizando escáneres extraorales). Los modelos digitales se procesan con software CAD dedicado (11). A través de este flujo de trabajo digital, no hay necesidad de entregar físicamente las impresiones a los protésicos dentales, y esto también permite que el proceso sea más seguro desde el punto de vista biológico. Los técnicos dentales pueden entonces trabajar de forma totalmente digital (4).

Los algoritmos de procesamiento de imágenes pueden reducir el tiempo requerido para el examen, mejorando la confiabilidad de las medidas, permitiendo detectar automáticamente distancias y ángulos clínicamente importantes, y realizando el análisis y comparación de la forma (12).

4.3.1. Escáner intraoral

El escáner intraoral es un dispositivo que detecta las características de un objeto y lo captura como datos 3D (13).

Estos utilizan el escaneo de luz estructurada que consiste en proyectar una cuadrícula sobre la superficie del diente, donde una serie de cámaras de alta resolución lee su distorsión. La distorsión detectada es procesada por un microprocesador que transforma estos datos en un objeto dimensionalmente perfecto, visible directamente en el software de adquisición. Este proceso necesita de softwares muy potentes porque se procesan puntos y mallas que reconstruyen la imagen en 3D. El escáner intraoral es el complemento perfecto para todas las producciones CAD-CAM; el principal beneficio es la posibilidad de verificar inmediatamente el nivel de precisión de la impresión con el paciente aún en la silla(14). Otra gran ventaja es la posibilidad de analizar las relaciones oclusales entre arcadas, para definir si la distancia oclusal es adecuada para la realización de restauraciones CAD-CAM con materiales específicos (4).

Los dispositivos existentes están basados en una tecnología óptica sin contacto físico, tales como: la microscopía confocal, tomografía de coherencia

óptica, fotogrametría, visión estéreo activa y pasiva, triangulación, interferometría y principios de desplazamiento de fase. Básicamente, todos estos dispositivos combinan algún tipo de técnica de imagen citada anteriormente y además se emplean varias tipologías de fuentes de luz estructurada y diferentes componentes ópticos (15).

Hoy en día hay disponibles dos diferentes generaciones de tecnologías y sistemas que varían según las aplicaciones clínica:

- Escáner de tecnología fotográfica: su funcionamiento se basa en la toma de imágenes individuales de la zona a escanear como por ejemplo iTero® y TRIOS® (3Shape, Copenhagen, Denmark). Estos tienen un campo de visión en forma de cono, por lo que no pueden recoger información de aquellas superficies ocultas, siendo necesario realizar varias pasadas de la misma zona para recoger toda la información. En cada imagen que toma, el escáner recoge la información de la distancia de cada punto de la superficie del objeto dentro de su campo de visión. Todos estos escaneados se llevan posteriormente a un sistema de coordenadas común, este proceso recibe el nombre de alineamiento, que conlleva la fusión de los escaneados para obtener un modelo completo del objeto.
- Escáner de tecnología de vídeo: su funcionamiento se basa en la grabación de las áreas escaneadas, comportándose como una cámara de vídeo continuo. Un ejemplo es Cerec Omnicam® (Sirona) (4).

4.3.2. Fotogrametría

La fotogrametría ha sido definida por la Sociedad Estadounidense de Fotogrametría y Detección Remota (ASPRS) como el “arte, ciencia y tecnología de obtener información confiable sobre objetos físicos y el medio ambiente, a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes y representaciones digitales de energía, patrones derivados del sistema de sensores sin contacto”. La fotogrametría es un buen método para transformar objetos pequeños en modelos 3D con tamaño y forma similar al original. En el campo dental y maxilofacial, esta fuente de adquisición es útil para la obtención de modelos dentales digitales a partir de modelos de yeso, estimar asimetrías faciales y diseñar cirugía ortognática, además del diagnóstico, estudio de casos y mediciones de tejidos blandos faciales en ortodoncia y ortopedia dentofacial

(5).

La fotogrametría es una tecnología con un alto nivel de precisión que permite determinar la posición espacial de diferentes objetos tomando múltiples fotografías desde diferentes ángulos. Esta tecnología ha estado en uso en ingeniería y arquitectura para la cartografía topográfica del terreno desde mediados del siglo XIX. En odontología, se ha utilizado desde la década de 1990 en varios estudios in vitro para evaluar la precisión de diferentes técnicas de impresión elastoméricas convencionales en implantes. Más recientemente, esta tecnología se ha utilizado para la captura directa de datos para generar archivos que proporcionan información sobre la posición espacial 3D de múltiples implantes en la cavidad oral, sin hacer ningún contacto físico. Los datos de posición espacial obtenidos por esta tecnología tienen un error marginal de sólo 10 µm, por lo que es posible obtener la estructura del implante con un ajuste pasivo adecuado (15).

Los sistemas disponibles constan de tres componentes:

1. Un ordenador portátil con software CAD específico para controlar la cámara y gestionar los datos personales del paciente y de los implantes, indicando posiciones y tipos. El software contiene una biblioteca con la geometría de diferentes conexiones y plataformas de varias marcas de implantes.

2. Pilares con superficie negra y algunas manchas blancas sobre ella que se colocan en diferentes posiciones para propósitos de identificación única.

3. Una cámara estéreo extraoral que consta de dos dispositivos infrarrojos de carga acoplada cámaras.

Para dar la impresión, las cámaras están situadas a una distancia de 20 cm de la boca del paciente, y el dispositivo toma alrededor de 64 fotografías en menos de 20 s. Tras la captura de la imagen, se genera un archivo digital con la información 3D de la posición espacial de cada implante. La información obtenida con este dispositivo se combina con escaneos 3D de los tejidos blandos y dientes. Para la correcta alineación de ambos tipos de imágenes 3D, es necesario tomar las impresiones con los pilares de cicatrización, y capturar puntos de referencia que permitan al operador combinar el archivo digital que contiene la posición de los implantes, con el archivo digital que contiene los datos sobre los tejidos blandos y los dientes. En este punto, el técnico de

laboratorio puede diseñar el futuro marco de la prótesis y fabricar un modelo imprimible en 3D con los implantes análogos para el procesamiento final de la prótesis(16). Las ventajas de esta tecnología incluyen una mayor comodidad para el paciente ya que el operador no toma una impresión con un material elastomérico, así como obtener un procedimiento rápido y preciso para la posición espacial 3D de los implantes. Esta tecnología solo se puede aplicar sobre implantes y no sobre dientes o tejidos blandos. Como tal, requiere integración con otras técnicas de impresión digital para capturar la dentición y los tejidos circundantes (2).

El sistema de fotogrametría supera las limitaciones de los escáneres intraorales para obtener la ubicación de los pilares de los implantes en la rehabilitación de implantes de arcada completa. Los escáneres intraorales generan imágenes 3D mediante una serie de puntos de imagen, y una ruta de escaneo más larga puede conducir a la expansión del error. Sin embargo, comparado con la técnica de escaneado intraoral, el sistema de fotogrametría toma todos los datos medidos en cada imagen y genera vectores directores de la posición exacta de los cuerpos escaneados entre sí con la ayuda de puntos de referencia. Este método permite calcular las ubicaciones de los cuerpos de escaneo sin superponer imágenes, lo que potencialmente garantiza una mayor precisión. Además, el sistema de fotogrametría tiene múltiples cámaras con un rango de escaneo más grande y una velocidad de escaneo más rápida. El escáner adquiere imágenes fuera de la boca, lo que minimiza la influencia de la saliva, la sangre y los ambientes húmedos en la precisión. Sin embargo, este sistema tiene ciertas limitaciones; solo registra la información de posición de los pilares del implante en la cavidad oral del paciente (17).

El uso del flujo de trabajo de un tratamiento fotogramétrico de precisión requiere el uso de un escáner 3D y los informes subrayan que este método es una herramienta clínica válida y confiable para la implantología dental (18).

El proceso de creación de una prótesis de arcada completa implantosoportada implica muchos pasos clínicos y de laboratorio y cada paso del proceso tiene el potencial de introducir distorsiones en la geometría que pueden conducir a un mal ajuste entre los implantes y los componentes restaurativos. La limitación para un buen ajuste de una prótesis sobre implantes

no es el procedimiento de fabricación, sino la precisión del molde definitivo. Los métodos de fabricación CAM son lo suficientemente precisos y repetibles para producir estructuras que se ajusten con precisión. En consecuencia, se ha invertido un esfuerzo considerable en mejorar la precisión y fiabilidad del proceso de toma de impresiones de implantes. Actualmente existen varias tecnologías para medir la geometría tridimensional (3D), sin embargo, la mayoría de las tecnologías disponibles actualmente, limitan las opciones de diseño para los médicos. Entre las opciones evaluadas estaba la fotogrametría en prótesis sobre implantes la cual podría complementar o posiblemente reemplazar impresiones convencionales en la creación de estructuras fresadas con control numérico por computadora (CNC) (19).

Durante muchos años, el uso de la fotogrametría fue difícil debido a la estricta necesidad de utilizar equipos especiales para tomar imágenes y procesarlas. Como informaron algunos estudios, debido al avance de la tecnología en el campo de la fotografía digital y la creación de software específico, la fotogrametría se ha convertido en un método preciso, fiable y económicamente accesible para la mayoría de los odontólogos, y se está convirtiendo en un recurso útil, preciso y moderno (5).

5. JUSTIFICACIÓN E HYPOTHESIS

Justificación

La odontología digital, día tras día, va enriqueciendo y, a veces sustituyendo, la odontología tradicional, sobre todo en ámbitos protésicos como el de la implantología. Nuestra generación de dentistas estudia y trabaja con dispositivos computarizados en un entorno virtual y está acostumbrada a utilizar estos medios de manera sencilla e intuitiva. Podemos afirmar que prácticamente todo el trabajo diario se puede realizar íntegramente con procesos digitales, desde que el paciente acude a la clínica hasta que acabe su tratamiento. La fotogrametría en ámbito odontológico es una técnica moderna e interesante porque aplica una tecnología de altísima precisión al mundo de la implantología agilizando la toma de impresiones sobre implantes y facilitando el diseño virtual de las estructuras CAD/CAM aumentando de consecuencia la calidad de la prótesis. No hay mucha literatura que se enfoca en esta técnica y, por lo tanto, el propósito de la

presente revisión sistemática es comparar la precisión de la fotogrametría con impresiones digitales realizadas con escáner intraoral vs impresiones únicamente realizadas con escáner intraoral en prótesis implantosoportadas y determinar los beneficios que puede aportar en nuestra práctica diaria.

Por lo que se creyó necesario realizar este estudio con el propósito de determinar si el uso de fotogrametría en impresiones digitales mejora los valores de precisión de la impresión en rehabilitaciones sobre múltiples implantes en arcada superior.

Hipótesis

La hipótesis de trabajo de nuestro estudio considera que la técnica de impresión que combina el uso de la fotogrametría con el escáner intraoral para la confección de una prótesis implantosoportada en arcada superior maxilar edéntula, será más precisa con respecto a la técnica estándar que ve únicamente el uso del escáner intraoral.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo principal

Evaluar y comparar el nivel de precisión de la impresión digital con escáner intraoral versus escáner intraoral combinado con fotogrametría, en las rehabilitaciones fijas sobre implantes de arco completo.

6.2. Objetivos secundarios

Evaluar la influencia del dis paralelismo de los implantes en la precisión del escaneado, en ambos grupos.

Evaluar la influencia del número de implantes en la precisión del escaneado, en ambos grupos.

Evaluar la influencia del tipo de escáner intraoral en la precisión del escaneado, en ambos grupos.

7. MATERIAL Y MÉTODO

La redacción de esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con la declaración PRISMA (20) para revisiones sistemáticas y metaanálisis.

7.1. Identificación de la pregunta PICO

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed, Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de artículos que se centran en el uso de la fotogrametría en odontología protésica para responder a la siguiente pregunta: “¿En los pacientes donde se realizará una prótesis fija sobre implantes de arco completo es más precisa la técnica de impresión realizada con la combinación de fotogrametría y escáner intraoral con respecto a una realizada solo con escáner intraoral?”, publicados hasta febrero 2023.

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

P: Pacientes edéntulos rehabilitados con prótesis fija sobre implantes de arco completo.

I: Impresión digital con escáner intraoral

C: Impresión con escáner intraoral combinado con fotogrametría

O: O1: Precisión la impresión digital con escáner intraoral versus escáner intraoral combinado con fotogrametría

O2: -Evaluar la influencia del disparalelismo, número de los implantes y tipo de escáner intraoral utilizado en la precisión del escaneado, en ambos grupos.

7.2. Criterios de elegibilidad, inclusión y exclusión

Los criterios empleados para la inclusión de artículos fueron:

- Tipos de estudio: Estudios experimentales in-vitro, realizados en los últimos 10 años en lengua inglesa, española o italiana.
- Tipo de intervención: Estudios que usan el escáner intraoral en impresiones sobre implantes.
- Tipo de control: Estudios que usan el escáner intraoral y la fotogrametría en impresiones sobre implantes.
- Tipo de variables de resultados: Estudios que proporcionaran datos

relacionados con la precisión/exactitud de escaneado con escáner intraoral y fotogrametría.

Los criterios empleados para la exclusión de artículos fueron: artículos orientados a áreas de la odontología no protésica como ortodoncia, estudios en animales, estudios que no aportan datos cuantitativos.

7.3. Fuentes de información y estrategia de búsqueda de datos

Se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science en el periodo entre diciembre 2022 y febrero 2023. Las palabras clave utilizadas fueron : "Mouth edentulous" , " prosthetic rehabilitation" , " dental implants" , "upper jaw bone" , "superior maxilla" , "complete-arch implant

rehabilitation" , " implant therapy " , " fixed dental prostheses" , "Rehabilitation of Multiple Unfavorably Positioned Dental Implants " . " Angled implants" , "Parallel Implants" , " Dental impression" , "digital impression" , " intraoral scanner" , "intraoral scanners" , "impression intraoral scanner" , " intraoral scanning" , " 3D dental models" , " Computerized Scanning Method" , "digital workflow" , "Optical Impression " , "photogrammetry" , "photogrammetric imaging technique" , "stereophotogrammetry" , "photogrammetric impression technique" , "digital printing" , "precision" , "accuracy" , "trueness" , "comparison" .

Se emplearon los operadores booleanos "OR" y "AND". La búsqueda se restringió a los últimos 10 años en humanos. Se muestran las ecuaciones de búsqueda y los resultados obtenidos en cada base de datos utilizada.

PubMed:

```
(("mouth, edentulous"[MeSH Terms] OR ("mouth"[All Fields] AND "edentulous"[All Fields]) OR "edentulous mouth"[All Fields] OR ("mouth"[All Fields] AND "edentulous"[All Fields]) OR "mouth edentulous"[All Fields] OR (("prosthetic"[All Fields] OR "prosthetically"[All Fields] OR "prosthetics"[All Fields]) AND ("rehabilitant"[All Fields] OR "rehabilitants"[All Fields] OR "rehabilitate"[All Fields] OR "rehabilitated"[All Fields] OR "rehabilitates"[All Fields] OR "rehabilitating"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Terms] OR "rehabilitation"[All Fields] OR "rehabilitations"[All Fields] OR "rehabilitative"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Subheading] OR "rehabilitation s"[All Fields] OR "rehabilitational"[All Fields] OR "rehabilitator"[All Fields] OR "rehabilitators"[All Fields])) OR "dental implants"[MeSH Terms] OR ("maxilla"[MeSH Terms] OR "maxilla"[All Fields] OR ("upper"[All Fields] AND "jaw"[All Fields] AND "bone"[All Fields]) OR "upper jaw bone"[All
```

Fields]) OR (("superior"[All Fields] OR "superior s"[All Fields] OR "superiorities"[All Fields] OR "superiority"[All Fields] OR "superiors"[All Fields]) AND ("maxilla"[MeSH Terms] OR "maxilla"[All Fields] OR "maxillae"[All Fields] OR "maxillas"[All Fields])) OR ("complete-arch"[All Fields] AND ("drug implants"[MeSH Terms] OR ("drug"[All Fields] AND "implants"[All Fields]) OR "drug implants"[All Fields] OR "implant"[All Fields] OR "embryo implantation"[MeSH Terms] OR ("embryo"[All Fields] AND "implantation"[All Fields]) OR "embryo implantation"[All Fields] OR "implantation"[All Fields] OR "implant s"[All Fields] OR "implantability"[All Fields] OR "implantable"[All Fields] OR "implantables"[All Fields] OR "implantate"[All Fields] OR "implantated"[All Fields] OR "implantates"[All Fields] OR "implantations"[All Fields] OR "implanted"[All Fields] OR "implanter"[All Fields] OR "implanters"[All Fields] OR "implanting"[All Fields] OR "implantion"[All Fields] OR "implantitis"[All Fields] OR "implants"[All Fields]) AND ("rehabilitant"[All Fields] OR "rehabilitants"[All Fields] OR "rehabilitate"[All Fields] OR "rehabilitated"[All Fields] OR "rehabilitates"[All Fields] OR "rehabilitating"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Terms] OR

"rehabilitation"[All Fields] OR "rehabilitations"[All Fields] OR "rehabilitative"[All Fields] OR "rehabilitation"[MeSH Subheading] OR "rehabilitation s"[All Fields] OR "rehabilitational"[All Fields] OR "rehabilitator"[All Fields] OR "rehabilitators"[All Fields])) OR (("drug implants"[MeSH Terms] OR ("drug"[All Fields] AND "implants"[All Fields]) OR "drug implants"[All Fields] OR "implant"[All Fields] OR "embryo implantation"[MeSH Terms] OR ("embryo"[All Fields] AND "implantation"[All Fields]) OR "embryo implantation"[All Fields] OR "implantation"[All Fields] OR "implant s"[All Fields] OR "implantability"[All Fields] OR "implantable"[All Fields] OR "implantables"[All Fields] OR "implantate"[All Fields] OR "implantated"[All Fields] OR "implantates"[All Fields] OR "implantations"[All Fields] OR "implanted"[All Fields] OR "implanter"[All Fields] OR "implanters"[All Fields] OR "implanting"[All Fields] OR "implantion"[All Fields] OR "implantitis"[All Fields] OR "implants"[All Fields]) AND ("therapeutics"[MeSH Terms] OR "therapeutics"[All Fields] OR "therapies"[All Fields] OR "therapy"[MeSH Subheading] OR "therapy"[All Fields] OR "therapy s"[All Fields] OR "therapys"[All Fields])) OR (("fixatives"[Pharmacological Action] OR "fixatives"[MeSH Terms] OR "fixatives"[All Fields] OR "fixative"[All Fields] OR "fixed"[All Fields] OR "fixes"[All Fields] OR "fixing"[All Fields] OR "fixings"[All Fields]) AND ("dental prosthesis"[MeSH Terms] OR ("dental"[All Fields] AND "prosthesis"[All Fields]) OR "dental prosthesis"[All Fields] OR ("dental"[All Fields] AND "prostheses"[All Fields]) OR "dental prostheses"[All Fields])) OR (("angle"[All Fields] OR "angled"[All Fields] OR "angles"[All Fields]) AND ("drug implants"[MeSH Terms] OR ("drug"[All Fields] AND "implants"[All Fields]) OR "drug implants"[All Fields] OR "implant"[All Fields] OR "embryo implantation"[MeSH Terms] OR ("embryo"[All Fields] AND "implantation"[All Fields]) OR "embryo implantation"[All Fields] OR "implantation"[All Fields] OR "implant s"[All Fields] OR "implantability"[All Fields] OR "implantable"[All Fields] OR "implantables"[All Fields] OR "implantate"[All Fields] OR "implantated"[All Fields] OR "implantates"[All Fields] OR "implantations"[All Fields] OR "implanted"[All Fields] OR "implanter"[All Fields] OR "implanters"[All Fields] OR "implanting"[All Fields] OR "implantion"[All Fields] OR "implantitis"[All Fields] OR "im-

plants"[All Fields])) OR (("parallel"[All Fields] OR "paralleled"[All Fields] OR "paralleling"[All Fields] OR "parallelism"[All Fields] OR "parallelisms"[All Fields] OR "parallelization"[All Fields] OR "parallelizations"[All Fields] OR "parallelize"[All Fields] OR "parallelized"[All Fields] OR "parallelizes"[All Fields] OR "parallelizing"[All Fields] OR "paralleled"[All Fields] OR "parallels"[All Fields]) AND ("drug implants"[MeSH Terms] OR ("drug"[All Fields] AND "implants"[All Fields]) OR "drug implants"[All Fields] OR "implant"[All Fields] OR "embryo implantation"[MeSH Terms] OR ("embryo"[All Fields] AND "implantation"[All Fields]) OR "embryo implantation"[All Fields] OR "implantation"[All Fields] OR "implant s"[All Fields] OR "implantability"[All Fields] OR "implantable"[All Fields] OR "implantables"[All Fields] OR "implantate"[All Fields] OR "implantated"[All Fields] OR "implantates"[All Fields] OR "implantations"[All Fields] OR "implanted"[All Fields] OR "implanter"[All Fields] OR "implanters"[All Fields] OR "implanting"[All Fields] OR "implantion"[All Fields] OR "implantitis"[All Fields] OR "implants"[All Fields])) AND "2013/02/04 00:00":"3000/01/01 05:00"[Date - Publication] AND (("dental impression technique"[MeSH Terms] OR (("digital"[All Fields] OR "digitalisation"[All Fields] OR "digitalised"[All Fields] OR "digitalization"[All Fields] OR "digitalize"[All Fields] OR "digitalized"[All Fields] OR "digitalizer"[All Fields] OR

"digitalizing"[All Fields] OR "digitally"[All Fields] OR "digitals"[All Fields] OR "digitization"[All Fields] OR "digitizations"[All Fields] OR "digitize"[All Fields] OR "digitized"[All Fields] OR "digitizer"[All Fields] OR "digitizers"[All Fields] OR "digitizes"[All Fields] OR "digitizing"[All Fields]) AND ("impress"[All Fields] OR "impressed"[All Fields] OR "impresses"[All Fields] OR "impressing"[All Fields] OR "impression"[All Fields] OR "impression s"[All Fields] OR "impressioning"[All Fields] OR "impressions"[All Fields])) OR (("intraoral"[All Fields] OR "intraorally"[All Fields]) AND ("scanner"[All Fields] OR "scanner s"[All Fields] OR "scanners"[All Fields])) OR (("intraoral"[All Fields] OR "intraorally"[All Fields]) AND ("scanner"[All Fields] OR "scanner s"[All Fields] OR "scanners"[All Fields])) OR (("impress"[All Fields] OR "impressed"[All Fields] OR "impresses"[All Fields] OR "impressing"[All Fields] OR "impression"[All Fields] OR "impression s"[All Fields] OR "impressioning"[All Fields] OR "impressions"[All Fields]) AND ("intraoral"[All Fields] OR "intraorally"[All Fields]) AND ("scanner"[All Fields] OR "scanner s"[All Fields] OR "scanners"[All Fields])) OR (("intraoral"[All Fields] OR "intraorally"[All Fields]) AND ("radionuclide imaging"[MeSH Terms] OR ("radionuclide"[All Fields] AND "imaging"[All Fields]) OR "radionuclide imaging"[All Fields] OR "scanning"[All Fields] OR "scan s"[All Fields] OR "scanned"[All Fields] OR "scannings"[All Fields] OR "scans"[All Fields])) OR ("3D"[All Fields] AND ("models, dental"[MeSH Terms] OR ("models"[All Fields] AND "dental"[All Fields]) OR "dental models"[All Fields] OR ("dental"[All Fields] AND "models"[All Fields]))) OR (("computerised"[All Fields] OR "computerized"[All Fields]) AND ("radionuclide imaging"[MeSH Terms] OR ("radionuclide"[All Fields] AND "imaging"[All Fields]) OR "radionuclide imaging"[All Fields] OR "scanning"[All Fields] OR "scan s"[All Fields] OR "scanned"[All Fields] OR "scannings"[All Fields] OR "scans"[All Fields]) AND ("method s"[All Fields] OR "methods"[MeSH Terms] OR "methods"[All Fields] OR "method"[All Fields] OR "methods"[MeSH Subheading])) OR (("digital"[All Fields] OR "digitalisation"[All Fields] OR "digitalised"[All Fields] OR "digitalization"[All Fields] OR "digitalize"[All Fields] OR "digitalized"[All Fields] OR

"digitalizer"[All Fields] OR "digitalizing"[All Fields] OR "digitally"[All Fields] OR "digitals"[All Fields] OR "digitization"[All Fields] OR "digitizations"[All Fields] OR "digitize"[All Fields] OR "digitized"[All Fields] OR "digitizer"[All Fields] OR "digitizers"[All Fields] OR "digitizes"[All Fields] OR "digitizing"[All Fields]) AND ("workflow"[MeSH Terms] OR "workflow"[All Fields] OR "workflows"[All Fields] OR "workflow s"[All Fields]) OR (("eye"[MeSH Terms] OR "eye"[All Fields] OR "optic"[All Fields] OR "optic s"[All Fields] OR "optical"[All Fields] OR "optically"[All Fields] OR "optics"[All Fields]) AND ("impress"[All Fields] OR "impressed"[All Fields] OR "impresses"[All Fields] OR "impressing"[All Fields] OR "impression"[All Fields] OR "impression s"[All Fields] OR "impressioning"[All Fields] OR "impressions"[All Fields])) AND "2013/02/04 00:00":"3000/01/01 05:00"[Date - Publication] AND (("photogrammetry"[MeSH Terms] OR ("photogrammetric"[All Fields] OR "photogrammetrically"[All Fields]) AND ("image"[All Fields] OR "image s"[All Fields] OR "imaged"[All Fields] OR "imager"[All Fields] OR "imager s"[All Fields] OR "imagers"[All Fields] OR "images"[All Fields] OR "imaging"[All Fields] OR "imaging s"[All Fields] OR "imagings"[All Fields]) AND ("methods"[MeSH Terms] OR "methods"[All Fields] OR "technique"[All Fields] OR "methods"[MeSH Subheading] OR "techniques"[All Fields] OR "technique s"[All Fields])) OR ("photogrammetry"[MeSH Terms] OR "photogrammetry"[All Fields] OR

"stereophotogrammetry"[All Fields]) OR ("photogrammetric"[All Fields] OR "photogrammetrically"[All Fields]) AND ("impress"[All Fields] OR "impressed"[All Fields] OR "impresses"[All Fields] OR "impressing"[All Fields] OR "impression"[All Fields] OR "impression s"[All Fields] OR "impressioning"[All Fields] OR "impressions"[All Fields]) AND ("methods"[MeSH Terms] OR "methods"[All Fields] OR "technique"[All Fields] OR "methods"[MeSH Subheading] OR "techniques"[All Fields] OR "technique s"[All Fields])) OR (("digital"[All Fields] OR "digitalisation"[All Fields] OR "digitalised"[All Fields] OR "digitalization"[All Fields] OR "digitalize"[All Fields] OR "digitalized"[All Fields] OR "digitalizer"[All Fields] OR "digitalizing"[All Fields] OR "digitally"[All Fields] OR "digitals"[All Fields] OR "digitization"[All Fields] OR "digitizations"[All Fields] OR "digitize"[All Fields] OR "digitized"[All Fields] OR "digitizer"[All Fields] OR "digitizers"[All Fields] OR "digitizes"[All Fields] OR "digitizing"[All Fields]) AND ("printed"[All Fields] OR "printing"[MeSH Terms] OR "printing"[All Fields] OR "print"[All Fields] OR "printings"[All Fields] OR "prints"[All Fields])) AND "2013/02/04 00:00":"3000/01/01 05:00"[Date - Publication] AND (("precise"[All Fields] OR "precised"[All Fields] OR "precisely"[All Fields] OR "preciseness"[All Fields] OR "precises"[All Fields] OR "precision"[All Fields] OR "precisions"[All Fields] OR ("accuracies"[All Fields] OR "accuracy"[All Fields]) OR "Trueness"[All Fields] OR ("comparison"[All Fields] OR "comparisons"[All Fields])) AND "2013/02/04 00:00":"3000/01/01 05:00"[Date - Publication])) AND (y_10[Filter]).

Web of Science:

(ALL=(precision OR accuracy OR Trueness OR comparison)) AND ALL=(Mouth edentulous OR prosthetic rehabilitation OR dental implants OR upper jaw bone OR superior maxilla OR complete-arch implant rehabilitation OR implant therapy OR fixed dental prostheses OR Angled implants OR Parallel Implants) AND ALL=(Dental impression OR digital impression OR intraoral scanner OR intraoral

scanners OR impression intraoral scanner OR intraoral scanning OR 3D dental models OR Computerized Scanning Method OR digital workflow OR Optical Impression) AND ALL=(photogrammetry OR photogrammetric imaging technique OR stereophotogrammetry OR photogrammetric impression technique OR digital printing) AND ALL=(precision OR accuracy OR Trueness OR comparison)

Scopus:

(mouth AND edentulous OR prosthetic AND rehabilitation OR dental AND implants OR upper AND jaw AND bone OR superior AND maxilla OR complete-arch AND implant AND rehabilitation OR implant AND therapy OR fixed AND dental AND prostheses OR angled AND implants OR parallel AND implants) AND (dental AND impression OR digital AND impression OR intraoral AND scanner OR intraoral AND scanners OR impression AND intraoral AND scanner OR intraoral AND scanning OR 3d AND dental AND models OR computerized AND scanning AND method OR digital AND workflow OR optical AND impression) AND (photogrammetry OR photogrammetric AND imaging AND technique OR stereophotogrammetry OR photogrammetric AND impression AND technique OR digital AND printing) AND (precision OR accuracy OR trueness OR comparison)

7.4. Proceso de selección de artículos

El proceso de selección de los artículos fue mediante un cribado realizado en tres pasos: en primer lugar, se determinaron los artículos elegibles según la congruencia del título, en la segunda fase se analizaron los abstract/resúmenes de los artículos elegidos en la primera fase y, en la tercera y última fase, se analizó el texto completo de los artículos que tenían un abstract congruente con la pregunta de investigación.

7.5. Extracción de datos

En los estudios se recogieron las siguientes informaciones:

- Autor/año de publicación
- Tipos de estudio: Estudios experimentales in-vitro.
- Tipo de impresión utilizada (escáner intraoral, fotogrametría)

Variable principal: precisión/exactitud de la impresión. Esta variable se midió en RMS.

Variable secundaria: disparalelismo de los implantes, número de implantes, tipos de escáneres intraorales utilizados.

7.6. Valoración de calidad

La valoración del riesgo de sesgo fue llevada a cabo por dos revisores (NHR, SA) con el fin de evaluar la calidad metodológica de los artículos elegidos. Para la lectura crítica de los estudios se usó la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (21)

7.7. Síntesis de datos

Con el objetivo de confrontar las diferentes variables de resultados entre los estudios, las medias de los valores de las variables principales fueron seleccionadas dependiendo del grupo de estudio.

Dado que las medias reportadas procedían de muestras con distinto número de implantes fue necesario calcular la media ponderada con el fin de obtener resultados más objetivos.

Esto se realizó para todos los estudios y grupos que son: grupo que manejó la fotogrametría combinada con escáner intraoral en impresiones digitales y grupo que usó únicamente el escáner intraoral.

8. RESULTADOS

8.1. Selección de estudios. Flow Chart.

Se obtuvieron un total de 312 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=126), SCOPUS (n=2) y la Web of Science (n=183). También se obtuvo otro estudio adicional a través de la búsqueda manual (lista de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 58 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados a fondo. Como resultado, 6 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 1.

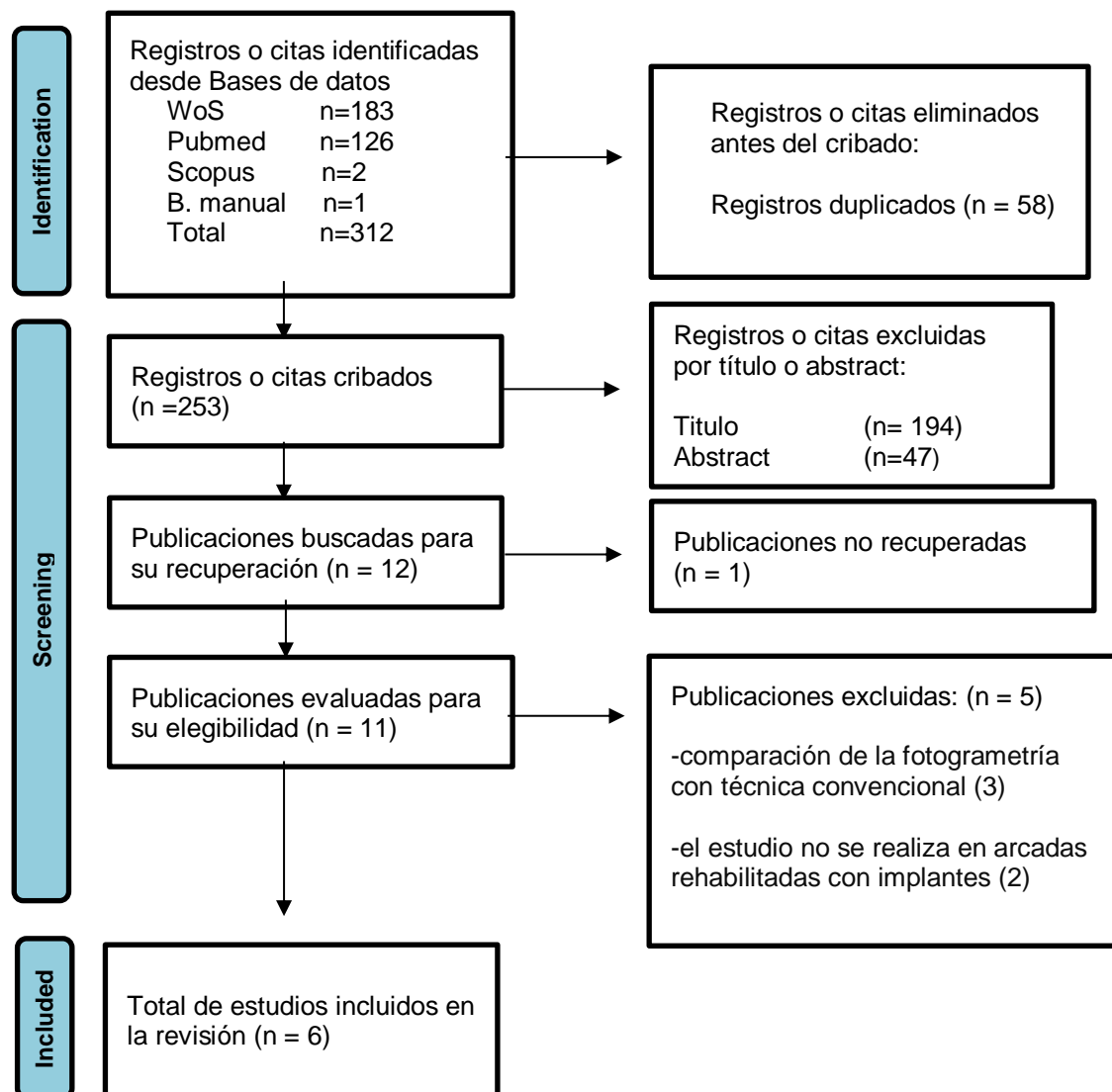


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Tabla 1 : Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Francesca Zotti y cols. (2022) (5)	Dentistry journal	El estudio no se realiza en arcadas rehabilitadas con implantes.
Cristóbal Martín Silvestre y cols. 2019 (23)	Wiley	El estudio no se realiza en arcadas rehabilitadas con implantes.
Bergin y cols. 2013 (24)	The Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación de la fotogrametría solo con técnica de impresión convencional.
Marta Revilla-León y cols. 2021 (25)	The Journal of Prosthetic Dentistry	Comparación de la fotogrametría solo con técnica de impresión convencional.
Anders Örtorp y cols. 2005 (26)	Wiley	Comparación de la fotogrametría solo con técnica de impresión convencional.

8.2. Análisis de las características de los estudios revisados.

De los 6 artículos incluidos en la presente revisión, todos son estudios *in-vitro*, 5 artículos describían el uso de escáneres intraorales como: “TRIOS 3”, “3SHAPE”, “iTero” y de fotogrametría como: “Icam4D”, “Imetric4D” explicando también la diferente angulación y número de implantes puestos (17,27–30). Otro estudio se enfocaba en probar un nuevo protocolo de captura de imágenes intraorales para obtener datos de medición espacial de implantes tridimensionales (3D) mediante el uso de una cámara digital (31).

En total el uso del escáner intraoral y de la fotogrametría fue probado en 32 implantes.

Tabla 2: Análisis cuantitativa de los estudios revisados.

<u>Precisión/Exactitud en RMS</u>	Ma y cols, (29)	Revilla-leòn y cols,(27)	Bratos y cols, (31)	Tohme y cols, (17)	Tohme y cols, (28)	Sallorenzo y cols, (30)	Valor promedio
DISTORSION 3D FOTOGRAMETRIA (PG)	0,73	0.6	//	0.014	0.01	//	0,34
DISTORSION 3D ESCANERES INTRAORALES(IDS)	6.17	0.1	//	0.039	0.04	//	1,56

La tabla muestra los resultados en términos de precisión y exactitud (RMS) de los diferentes artículos analizados para nuestra revisión sistemática. Cada fila representa un artículo y cada columna representa la distorsión 3D evaluada en el estudio.

Tabla 3: Características cualitativas de los estudios revisados.

ARTICULO	REFERENCIA	AÑO DE PUBLICACION	TIPO DE ESTUDIO	DISPARALELISMO	NUMERO DE IMPLANTES	TIPO DE ESCANER	LIMITACIONES
1	Ma y cols, (29)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 11 grados	6	Imetric4D Icam4D TRIOS3 3SHAPE	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
2	Revilla-leòn y cols,(27)	2020	In-vitro	Angulación de 0 a 10 grados	6	TRIOS3 iTerio Icam4D Imetric4D	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
3	Bratos y cols, (31)	2018	In-vitro	NO	5	Canon D90	Simulación
4	Tohme y cols, (17)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 17 grados	4	Pic-camer 3SHAPE TRIOS3	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
5	Tohme y cols, (28)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 45 grados	4	Pic-Camera TRIOS3 3SHAPE	Este estudio no considera las características de la cavidad oral

6	Sallorenzo y cols, (30)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 45 grados	12	Pic-Camera TRIOS3	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
---	-------------------------	------	----------	-----------------------------	----	-------------------	--

La tabla muestra los detalles de varios estudios que evaluaron la precisión de diferentes tipos de escáneres intraorales y fotogrametría en la colocación de implantes dentales. Cada fila representa un estudio diferente y cada columna proporciona información específica sobre el estudio.

8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

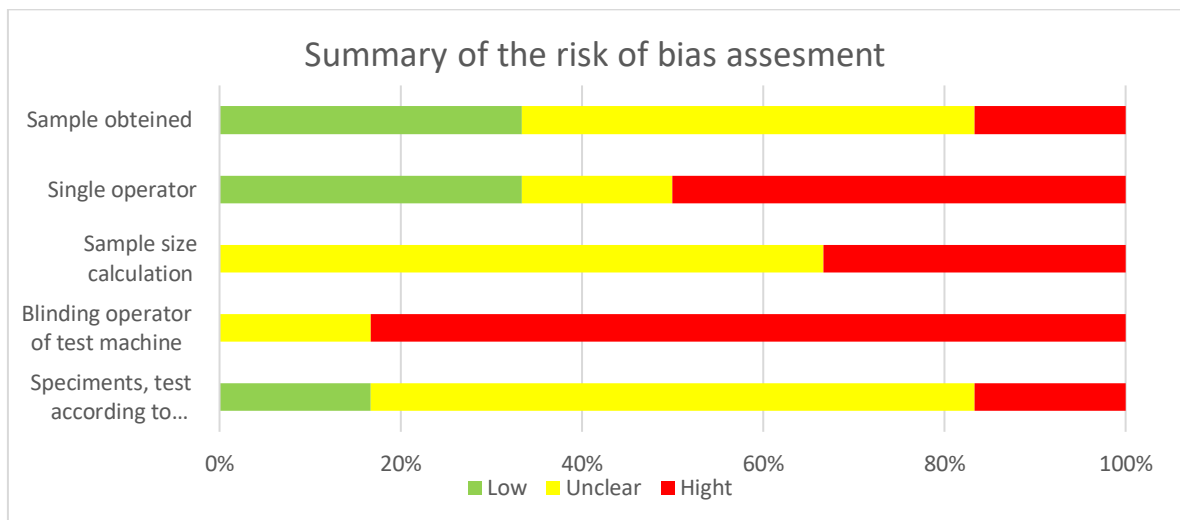
Tabla 4: Riesgo de sesgo de los estudios analizados.

Artículo	Muestra obtenida proceso estandarizado	Operador único	Cálculo del tamaño de la muestra	Cegamiento del operador de la máquina de ensayo	Muestras, pruebas y formula según las especificaciones estándar	Riesgo de sesgo
Ma y cols, (29)	0	0	1	2	1	Moderado
Revilla-leòn y cols,(27)	1	2	1	2	1	Moderado
Bratos y cols, (31)	2	2	1	1	2	Alto
Tohme y cols, (17)	1	2	1	2	1	Moderado
Tohme y cols, (28)	0	1	2	2	1	Moderado
Sallorenzo y cols, (30)	1	0	2	2	0	Moderado

La tabla muestra los resultados de un estudio que evaluó el riesgo de sesgo de los diferentes artículos analizados. Cada fila representa un artículo diferente y cada columna representa un parámetro específico evaluado en el

estudio. Se ha utilizado la guía de ARRIVE Y CONSORT(21) . Los parámetros evaluados incluyen la muestra obtenida mediante proceso estandarizado, si usó un operador único, el cálculo del tamaño de la muestra, si el operador de la máquina de ensayo estaba cegado o no y si se utilizaron muestras, pruebas y fórmulas según las especificaciones estándar. Cada parámetro recibió una puntuación basada en los criterios del estudio. Una puntuación de 0 indica que el artículo informó claramente sobre ese parámetro, mientras que una puntuación de 1 indica que se informó sobre ese parámetro, pero de manera insuficiente o sin claridad. Una puntuación de 2 indica que no fue posible encontrar información sobre ese parámetro en el artículo. Además, cada artículo recibió una calificación general del riesgo de sesgo basado en los resultados del estudio: los artículos que obtuvieron una puntuación entre 0 y 3 fueron clasificados como bajo riesgo de sesgo, aquellos con puntuaciones de 4 a 7 como riesgo moderado, y puntuaciones de 8 a 10 como alto riesgo.

Fig. 5: Summary of the risk of bias assesment



8.4. Síntesis de resultados

8.4.1. Precisión/exactitud de la impresión

Los tipos de distorsión 3D evaluados incluyen la distorsión 3D en fotogrametría (PG) y la distorsión 3D en escáneres intraorales (IDS).

Para la distorsión 3D en fotogrametría (PG), los valores promedio obtenidos fueron 0,73 para Ma y cols,(29) , 0,6 para Revilla-leòn y cols(27), 0.014 para Tohme y cols (17)y 0.01 para Thome y cols (28). El valor promedio fue de 0.34.

Para la distorsión 3D en escáneres intraorales (IDS), los valores promedio obtenidos fueron 6,17 para Ma y cols (29) , 0.1 para Revilla-leòn y cols,(25), 0.039 para Tohme y cols (13) y 0.04 para Tohme y cols (27). El valor promedio fue de 1.56.

En algunos casos, como lo de que Bratos y cols, (31) se presentan los valores en "/" : esto indica que no se proporcionó información sobre ese valor específico en ese artículo.

En general, se puede observar que los valores promedio obtenidos varían significativamente entre los diferentes artículos evaluados.

8.4.2. Disparalelismo de los implantes, número de implantes, tipos de escáneres intraorales.

En nuestra revisión sistemática nos hemos enfocado en variables secundarias que son las mencionadas anteriormente. En el estudio realizado por Ma y cols (29), se evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 11 grados con 6 implantes dentales utilizando los escáneres Imetric4D, Icam4D, TRIOS3 y 3SHAPE. El estudio realizado por Revilla-León y cols (27) evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 10 grados con 6 implantes dentales utilizando los escáneres Imetric4D, Icam4D, iTero, TRIOS3 y 3SHAPE.

El estudio de Bratos y cols (31) utilizó una simulación para evaluar la precisión del escáner intraoral en la colocación de implantes dentales. Este estudio no evaluó el disparalelismo y utilizó un escáner fotográfico con solo 5 implantes dentales.

El estudio de Tohme y cols (13) evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 17 grados con 4 implantes dentales utilizando los escáneres

Pic-camera, 3SHAPE y TRIOS3 y los mismos autores, Tohme y cols (27) evaluaron lo mismo en otra revisión en una angulación de 0 a 45 grados con 4 implantes dentales utilizando los escáneres Pic-Camera, TRIOS3 y 3SHAPE.

Lo realizado por Sallorenzo y cols (30), evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 45 grados con un total de 12 implantes dentales utilizando los escáneres Pic camera y TRIOS3.

Se ha verificado que la distorsión es directamente proporcional al número y a la angulación de implantes o sea que a mayor número y angulación de implantes hay una mayor distorsión.

No se ha encontrado una diferencia significativa en los resultados en cuanto a los tipos de escáneres utilizados.

9. DISCUSIÓN :

La presente revisión sistemática proporciona información basada en la evidencia científica en el área de la implantología y prótesis en el actual flujo digital. En particular se basa en los resultados obtenidos en utilizar, en impresiones sobre múltiples implantes en rehabilitaciones de arcada completa, los escáneres intraorales actualmente utilizados en las clínicas dentales (iTero, 3SHAPE y TRIOS3) y la fotogrametría (Pic-Camera, Icam4D, Imetric4), herramienta nueva en odontología.

La fotogrametría aplicada a la odontología es una técnica moderna e interesante que ofrece numerosos beneficios para mejorar la calidad de las prótesis implantosoportadas. Esta técnica se utiliza para agilizar la toma de impresiones sobre implantes y facilitar el diseño virtual de las estructuras CAD/CAM.

En lugar de utilizar métodos tradicionales de toma de impresiones, que pueden ser incómodos y consumir mucho tiempo, la fotogrametría permite capturar imágenes digitales de alta resolución de la boca del paciente. Estas imágenes se procesan mediante un software especializado que reconstruye un modelo tridimensional preciso de los dientes y las estructuras bucales.

Una de las ventajas clave de la fotogrametría es la facilitación de la planificación y el diseño de prótesis implantosoportadas de alta calidad, ya que se pueden visualizar con precisión las dimensiones y la posición de los implantes

en relación con las estructuras dentales y los tejidos circundantes.

Además, la fotogrametría permite una comunicación más fluida y efectiva entre el odontólogo, el técnico dental y el paciente. Al utilizar modelos digitales, se pueden compartir fácilmente los datos de la boca del paciente de manera rápida y segura (5).

El objetivo de esta revisión fue evaluar y comparar ambas técnicas (escáner intraoral y fotogrametría) con respecto al nivel de precisión/exactitud a la hora de realizarse por separado y en combinación.

De forma secundaria valorar la influencia en la precisión del escaneado del disparalelismo de los implantes, el número de implantes y el tipo de escáner intraoral utilizado.

9.1. Resumen de la evidencia

Según los resultados compartidos en nuestra revisión sistemática, estudiando el valor RMS en prótesis implantosoportadas, la distorsión es menor con el uso de la fotogrametría (0,34) con respecto al uso del escáner intraoral (1,34).

Para conseguir estos resultados nos hemos apoyado en los siguientes estudios todos realizados in vitro:

- Ma y cols (29) que como método de escaneo utilizó los escáneres: Imetric4D, Icam4D, TRIOS3 y 3SHAPE para evaluar el disparalelismo en una angulación de 0 a 11 grados con 6 implantes dentales. Se fabricó un modelo maestro que contenía 6 réplicas de pilares de implantes. Grupo PG: se tomaron 10 impresiones digitales mediante un sistema de fotogrametría; Grupo IOS: se realizó escaneo intraoral para fabricar 10 impresiones digitales y se encontró una distorsión en RMS de 0.73 en el uso de la fotogrametría (PG) y 6.17 en escáner intraoral (IDS).

- Revilla-León y cols (27) que evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 10 grados con 6 implantes dentales utilizando los escáneres Imetric4D, Icam4D, iTero, TRIOS3 y 3SHAPE. Se preparó un modelo maxilar edéntulo con 6 réplicas de pilar de implante y utilizó una máquina de medición por coordenadas (CMM Contura G2 16/10/06 RDS) para medir las posiciones de réplica de los pilares del implante de los modelos definitivos y para comparar las discrepancias lineales en los ejes x, y y z y la distorsión angular de cada réplica

de la posición del pilar del implante mediante el uso de un programa de software de diseño asistido por computadora (Geomagic) y se encontró una distorsión en RMS de 0,6 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.1 en escáner intraoral (IDS).

- Bratos y cols (31) que utilizó una simulación para evaluar la precisión del escáner intraoral en la colocación de 5 implantes dentales, pero no evaluó el disparalelismo y utilizó un escáner fotográfico. Se ensambló un maniquí simulando las condiciones intraorales de un paciente con mandíbula edéntula con 5 implantes interforaminales. Se evaluaron aberturas bucales y retracciones labiales para registrar las posiciones de los implantes. Las orientaciones espaciales 3D de las réplicas de implantes integradas en el modelo de referencia se midieron utilizando una máquina de medición por coordenadas (CMM) (control). Los datos dimensionales se importaron a un software de fotogrametría (método de fotogrametría). No se pudieron obtener resultados comparables con los otros estudios.

- Tohme y cols (17) que evaluó la precisión de los escáneres intraorales TRIOS3 y 3SHAPE en la colocación de 4 implantes dentales con una angulación de 0 a 20 grados. Se fabricó un modelo de yeso que representaba un maxilar desdentado utilizando cuatro análogos de implantes. Los dos implantes anteriores estaban paralelos entre sí y los dos implantes posteriores tenían una angulación de 17 grados. Se tomaron impresiones de escaneo intraoral digital (DIOS) después de conectar los cuerpos de escaneo a nivel de implante al modelo maestro y se exportaron los archivos STL. Las impresiones de fotogrametría digital (DPG) se capturaron con una cámara PiC después de ajustar los marcadores ópticos PiC a nivel del implante y se exportaron archivos STL (norte=15). La superposición se llevó a cabo mediante un software para determinar la precisión de ambos y se encontró una distorsión en RMS de 0.014 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.039 en escáner intraoral (IDS).

- Tohme y cols (28) que evaluó la precisión de los escáneres intraorales TRIOS3 y 3SHAPE en la colocación de 4 implantes dentales con una angulación de 0 a 20 grados. Se preparó un modelo “todo sobre cuatro” para maxilar desdentado con 2 pilares atornillados rectos y dos en ángulo de 17 grados atornillados al implante. Se utilizó un escáner extraoral calibrado para digitalizar el modelo definitivo y comparar las posiciones del cuerpo de escaneado intraoral

con las de otras técnicas en términos de distorsión angular global y desviaciones 3D de todo el cuerpo de escaneado y la superficie plana en ángulo solo mediante el uso de un software de inspección y metrología y se encontró una distorsión en RMS de 0.01 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.04 en escáner intraoral (IDS).

- Sallorenzo y cols (30) que evaluó la precisión de los escáneres intraorales TRIOS3 y 3SHAPE en la colocación de 12 implantes dentales con una angulación de 0 a 20 grados. Se utilizaron dos modelos maestros maxilares con implantes hexagonales externos, paralelos y angulados. Los valores de referencia se obtuvieron con una máquina de medición por coordenadas. Se realizaron diez escaneos por modelo (paralelo y angulado) y después de lo cual se determinaron las coordenadas tridimensionales para cada implante con un programa de software de diseño asistido por computadora y se compararon con el lineal y valores angulares de referencia. No se pudieron obtener resultados comparables con los otros estudios

- Ma y cols (29) y Revilla-León y cols (27) realizan un estudio similar en cuanto a número de implantes, 6 en ambos estudios, y disparelismo de estos: angulación hasta 11° en el primer estudio y hasta 10° en el segundo; de hecho presentan resultados similares en cuanto a la distorsión de la fotogrametría (PG): 0,73-0.6 RMS pero muy distintos en cuanto a la distorsión de escáner intraoral (IDS): 6,17-0.1 RMS. Otra similitud la encontramos en los estudios de Tohme y cols (28) y Sallorenzo y cols (30) que ambos realizan las impresiones en implantes con angulación hasta 45°, pero en un número de implantes muy diferente: 4 en el primero y 12 en el segundo y obtienen resultados no comparables entre ellos.

El estudio de Tohme y cols, (17) se realiza con implantes con una angulación de 17°, que es similar a los primeros dos estudios analizados en nuestra revisión , pero en 4 implantes, igual que en el estudio realizado por Tohme y cols (28) y presentan resultados muy similares entre ellos: distorsión de fotogrametría (PG) 0.014-0.01 RMS y distorsión en escáner intraoral (IDS) 0.039-0.04 RMS. La mayoría de los estudios analizados utilizan como tipo de escáneres: TRIOS 3, iTero, 3Shape, Imetric 4D, Icam 4D, Pic-Camera; mientras que Bratos y cols, (31) realiza una simulación con Canon D90. También el último mencionado es el único que se realiza en 2018, mientras que los otros en 2020-2021.

Todos los estudios analizados, siendo in vitro, no consideran las características de la cavidad oral a la hora de tomar la impresión.

Nuestra revisión sistemática presenta similitudes con el estudio realizado por Yan Y y cols (32) que evalúa la precisión de la SPG (fotogrametría especializada) obteniendo que el valor varía entre 2.70 mm y 92.80 mm, lo cual es significativamente más preciso que el IOS (escáner intraoral) que presenta una precisión que oscila entre 21.30 mm y 815.60 mm.

Sin embargo, según un estudio de laboratorio realizado por Örtorp y cols (33,34) la distorsión angular en términos absolutos es mayor con la técnica fotogramétrica ($p < 0,05$ a $p < 0,001$), por lo tanto es importante considerar y abordar adecuadamente las posibles distorsiones angulares que podrían afectar la precisión de los resultados.

Las mismas consideraciones anteriormente mencionadas, y en contra de nuestra revisión, las comparte en su estudio Revilla-Leon y cols (25) el escáner intraoral obtiene un valor de precisión general de 18.40 ± 6.81 mm, mientras que el grupo de fotogrametría muestra un valor de precisión general de escaneo de 20.15 ± 25.41 mm. A partir de estos valores, se puede deducir que el escáner intraoral presenta una mayor precisión en comparación con la fotogrametría, ya que tiene un rango de precisión más estrecho (6.81 mm) en comparación con el rango más amplio de la fotogrametría (25.41 mm).

La precisión del escaneado intraoral combinado con fotogrametría es mayor que la del escaneado intraoral solo y el disparalelismo y número de los implantes utilizados pueden influir en la precisión del escaneado, mientras que el tipo de escáner intraoral no. (Kim et al., 2018; Lee et al., 2018)

En contra a nuestras consideraciones Yan Y y cols (32) no encuentra una correlación significativa entre la angulación y el número de implantes y la desviación tridimensional en el grupo de SPG, pero sí en el grupo de IOS.

A pesar de las limitaciones encontradas en los estudios revisados, se concluyó que el uso combinado del escáner intraoral y la fotogrametría puede ser beneficioso para mejorar la precisión y calidad de las prótesis implantosoportadas, pero es importante tener en cuenta las limitaciones y factores que pueden influir en la precisión del escaneado.

9.2. Limitaciones

1. Limitaciones de los estudios: aunque se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura, es posible que algunos estudios relevantes no hayan sido incluidos en la revisión debido a la exclusión de estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión.

Algunos de los estudios incluidos en la revisión presentaron limitaciones en cuanto a la calidad metodológica, como el tamaño de la muestra, el diseño del estudio o la falta de información detallada sobre los procedimientos usados, el riesgo de sesgo fue entre moderado y alto. Además, algunos estudios no informaron claramente sobre ciertos parámetros evaluados, lo que dificultó su inclusión en el análisis. Los estudios incluidos en la revisión presentaron diferencias significativas en cuanto a los métodos usados, el número y tipo de implantes evaluados. Esto puede dificultar la comparación y síntesis de los datos.

2. Limitaciones de los resultados: aunque se encontró una tendencia hacia una mayor precisión del escaneado combinado con fotogrametría en comparación con el escaneado intraoral solo, es importante tener en cuenta que esta conclusión se basa en un número limitado de estudios y que existen factores que pueden influir en la precisión del escaneado y no hay un criterio común de evaluación de precisión/exactitud en los diferentes estudios y todos los estudios analizados, siendo in vitro, no consideran las características de la cavidad oral a la hora de tomar la impresión.

En resumen, aunque se encontraron resultados prometedores sobre el uso combinado del escáner intraoral y la fotogrametría para mejorar la precisión y calidad de las prótesis implantosoportadas, es importante tener en cuenta las limitaciones metodológicas y los factores que pueden influir en los resultados para interpretarlos adecuadamente y determinar su aplicabilidad clínica.

9.3. Implicaciones en la clínica y en futuras líneas de investigación

Aunque el uso combinado del escáner intraoral y la fotogrametría parece mejorar la precisión y calidad de las prótesis implantosoportadas, es importante tener en cuenta que existen limitaciones y factores que pueden influir en los

resultados. Por lo tanto, se necesitan más estudios para confirmar estos hallazgos y establecer un criterio común de evaluación de precisión/exactitud, lo que sugiere que es importante interpretar los resultados adecuadamente y determinar su aplicabilidad clínica en cada caso específico.

Los profesionales de la salud dental deben considerar cuidadosamente las ventajas y desventajas de cada técnica antes de decidir cuál utilizar en su práctica.

También es importante tener en cuenta que la precisión no es el único factor para considerar al evaluar la idoneidad de una técnica en odontología; otros factores como la eficiencia, la comodidad del paciente y la aplicabilidad clínica también deben tenerse en cuenta al seleccionar una herramienta de escaneo intraoral.

En cuanto a las futuras líneas de investigación, es necesario llevar a cabo más estudios bien diseñados con muestras más grandes para confirmar los resultados encontrados en esta revisión sistemática. Esto permitirá fortalecer la evidencia y obtener conclusiones más sólidas sobre la precisión y eficacia de la fotogrametría y otras técnicas de escaneo en odontología.

Además, es importante explorar otros factores que pueden influir en la precisión del escaneado. Estos factores pueden incluir el tipo de implante, el tipo de prótesis oclusal, la experiencia del operador y las diferentes necesidades clínicas. Comprender cómo estos elementos pueden afectar la precisión de los escaneos es fundamental para optimizar el proceso y garantizar resultados consistentes y confiables.

Asimismo, se deben realizar estudios comparativos directos entre diferentes técnicas de escaneo, como la fotogrametría, el escáner intraoral y otras tecnologías emergentes. Estos estudios permitirán determinar cuál es la técnica más precisa y eficiente para diferentes situaciones clínicas y ayudarán a guiar a los profesionales de la odontología en la elección de la mejor opción de escaneo en cada caso.

En resumen, esta revisión sistemática proporciona información valiosa sobre el uso del escáner intraoral y la fotogrametría en prótesis implantosoportadas, pero también destaca la necesidad de continuar investigando para mejorar aún más la precisión y calidad de estas técnicas.

10. CONCLUSIÓN

CONCLUSIONES PRINCIPALES

1. Se encontró una tendencia hacia una mayor precisión del escaneado combinado con fotogrametría en comparación con el escaneado intraoral solo, es importante también tener en cuenta que existen factores que pueden influir en la precisión del escaneado. El uso combinado del escáner intraoral y fotogrametría puede mejorar la precisión y calidad de las prótesis implantosoportadas.

CONCLUSIONES SECUNDARIAS

2. El disparelelismo de los implantes puede influir en la precisión del escaneado: a más disparelelismo más distorsión. El escaneado intraoral combinado con fotogrametría puede ser más preciso en presencia de disparelelismo de los implantes.
3. El número de implantes puede influir en la precisión del escaneado siendo la distorsión directamente proporcional al número: a mayor número de implantes, mayor distorsión de la impresión.
4. El tipo de escáner intraoral no influye en la precisión del escaneado. Por lo tanto, parece que el tipo de escáner intraoral no es una variable importante a considerar en la evaluación de la precisión del escaneado combinando las dos técnicas.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Fréour L, Pohl S, Battistelli A. How Digital Technologies Modify the Work Characteristics: A Preliminary Study. *Spanish Journal of Psychology*. 2021;24:e14.
2. Tamimi, F., Hirayama, H. Digital Restorative Dentistry. A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures. En P. Jain, M. Gupta (eds.), *Digitization in Dentistry, Volumen 1*. Springer; 2021.
3. Sawase T, Kuroshima S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. *Dent Mater J*. 2020;39(1):57–61.
4. Tallarico M. Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. *Materials*. 2020;13(9):2172.
5. Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital Dental Models: Is Photogrammetry an Alternative to Dental Extraoral and Intraoral Scanners? *Dent J (Basel)*. 2022;10(2):1.
6. Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art — Is it disruptive or destructive? *Dental Materials*. 2020 Jan 1;36(1):9–24.
- 7 Fung L, Brisebois P. Implementing Digital Dentistry into Your Esthetic Dental Practice. *Dent Clin North Am*. 2020;64(4):645-657.
8. Coachman C, Sesma N, Blatz MB. The complete digital workflow in interdisciplinary dentistry. *Int J Esthet Dent*. 2021;34(3).
9. Kern F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - Data import

and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. 2021;18(21):3-516.

10. Srinivasan M, Kalberer N, Fankhauser N, Naharro M, Maniewicz S, Müller F. CAD-CAM complete removable dental prostheses: A double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3D-printed dentures. *J Dent*. 2021;115:103692.

11. Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, Papavasiliou G, Özcan M. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review. *BMC Oral Health [Internet]*. 2021;21(1):37.

12. Galantucci LM, Percoco G, Lavecchia F, di Gioia E. Noninvasive computerized scanning method for the correlation between the facial soft and hard tissues for an integrated three-dimensional anthropometry and cephalometry. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2013 May;24(3):797–804.

13. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res*. 2020;64(2):109-113.

14. Joda T, Zarone F, Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*. 2017 Sep 19;17(1).

15. Stuani VT, Ferreira R, Manfredi GGP, Cardoso M v., Sant'Ana ACP. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. *Med Hypotheses*. 2019;128:43–9.

16. Takeuchi Y, Koizumi H, Furuchi M, Sato Y, Ohkubo C, Matsumura H. Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *J Oral Sci [Internet]*. 2018;60(1):1–7.

17. Tohme H, Lawand G, Eid R, Ahmed KE, Salameh Z, Makzoume J.

Accuracy of implant level intraoral scanning and photogrammetry impression techniques in a complete arch with angled and parallel implants: An in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Nov;11(21):9859.

18. Hussein MO. Photogrammetry technology in implant dentistry: A systematic review. 2021;18(21):00516–3.

19. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. Clinical implications: An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthet Dent*. 2013;110(4):243-251.

20. 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.

21. 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. Vol. 2015, *Stem Cells International*. Hindawi Publishing Corporation; 2015.

22: Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital Dental Models: Is Photogrammetry an Alternative to Dental Extraoral and Intraoral Scanners? *Dent J (Basel)*. 2022;10(2):1

23. Silvester CM, Hillson S. A critical assessment of the potential for Structure-from-Motion photogrammetry to produce high fidelity 3D dental models. *Am J Phys Anthropol*. 2020;173(2):381–92.

24. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. Bergin et al Clinical Implications An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. 2013 Oct;110(4):243-51.

25. Revilla-León M, Rubenstein J, Methani MM, Piedra-Cascón W, Özcan M, Att W. Trueness and precision of complete-arch photogrammetry implant scanning assessed with a coordinate-measuring machine. 2023;129(1):160–5.
26. Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: A comparative laboratory study. Clin Implant Dent Relat Res. 2005;7(1):43–50.
27. Revilla-León M, Att W, Dent M, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. 2021;125(3):470–8
28. Tohme H, Lawand G, Chmielewska M, Makhzoume J. Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study. J Prosthet Dent. 2023;129(2):354–62.
29. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. BMC Oral Health. 2021;21(1): :636
30. Sallorenzo A, Gómez-Polo M. Comparative study of the accuracy of an implant intraoral scanner and that of a conventional intraoral scanner for complete-arch fixed dental prostheses. J Prosthet Dent. 2022;128(5):1009–16
31. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses. Journal of Prosthetic Dentistry. 2018;120(2):232–41.

32 Yan Y, Lin X, Yue X, Geng W. Accuracy of 2 direct digital scanning techniques: intraoral scanning and stereophotogrammetry for complete arch implant-supported fixed prostheses: A prospective study. *J Prosthet Dent.* 2022; (22).

33 Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: A comparative laboratory study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005;7(1):43–50.

34 Revilla-León M, Rubenstein J, Methani MM, Piedra-Cascón W, Özcan M, Att W. Trueness and precision of complete-arch photogrammetry implant scanning assessed with a coordinate-measuring machine.

12. ANEXOS

Prisma 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Portada
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	7-9
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	13
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	24
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	25
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.	26-30
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	26-30
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.	30-31
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.	
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.	
	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.	25
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.	37
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)).	37
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	37
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	37
	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.	37
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	37
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
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.	34
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	34
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	34
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	35
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.	
	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.	37
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	38-44
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	38-44
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	38-44
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	38-44
OTHER INFORMATION			
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.	

Comparación de la precisión de escaneado en rehabilitaciones sobre implantes mediante escáner intraoral vs escáner intraoral combinado con fotogrametría: una revisión sistemática.

Autores:

Sarah Avino ¹, Natalia Herrero Román ²

1 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

2 Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondencia

Natalia Herrero Román

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

Natalia.herrero@universidadeuropea.es

RESUMEN

Introducción:

Cuando hablamos de flujo digital en Odontología, hacemos referencia a que todo el trabajo, desde el diagnóstico hasta el tratamiento, está mediado por tecnología digital y esto favorece en términos de tiempo y precisión muchas tareas. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática sobre la precisión de escaneado en rehabilitaciones sobre implantes mediante escáner intraoral vs fotogrametría y la combinación de las dos técnicas, así como evaluar la influencia que tienen en la precisión el disparalelismo, número de implantes y tipo de escáner utilizado.

Material y método:

Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science sobre impresión digital con escáner intraoral o con fotogrametría en rehabilitaciones sobre múltiples implantes hasta febrero de 2023.

Resultados:

De los 312 artículos potencialmente elegibles, 6 cumplieron con los criterios de inclusión, todos in-vitro, de los cuales 5 describían el uso de escáneres intraorales como: "TRIOS 3", "3SHAPE", "iTero" y de fotogrametría como: "Icam4D", "Imetric4D" explicando también la diferente angulación y número de implantes puestos. En total el uso del escáner intraoral y de la fotogrametría fue probado en 32 implantes. La revisión sistemática realizada indica que la precisión (RMS) de la impresión intraoral es mayor en el escaneado intraoral realizado con fotogrametría (distorsión 0.34) que en el escaneado realizado con escáner intraoral (distorsión 1,56) y que la combinación de las dos técnicas puede proporcionar más precisión.

Conclusiones:

La revisión sistemática realizada sugiere que el escaneado intraoral combinado con fotogrametría es una técnica más precisa que el escaneado intraoral solo, en rehabilitaciones sobre implantes. En la precisión de escaneado influyen el disparalelismo y número de implantes: aumentando estos valores aumenta la distorsión. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar estos resultados y determinar las limitaciones y ventajas de cada técnica en diferentes situaciones clínicas.

Palabras claves: *Rehabilitación protésica, Implantes, Fotogrametría, Escáneres intraorales*

Introducción:

La odontología digital está transformando el mundo de la Odontología, especialmente en áreas protésicas como la implantología (1). La fotogrametría permite capturar imágenes digitales de alta resolución de la boca del paciente, las cuales se procesan mediante un software que reconstruye un modelo tridimensional de los dientes y de las estructuras bucales. Una de las ventajas clave de esta técnica es la facilitación de la planificación y diseño de prótesis implantosoportadas ya que se puede visualizar la dimensión y posición de los implantes. La fotogrametría solo se puede aplicar sobre implantes y por lo tanto requiere la integración con otras técnicas de impresión digital para capturar la dentición y los tejidos circundantes.(2) Esta técnica se ha destacado como una herramienta prometedora al agilizar la comunicación entre odontólogo, técnico y paciente mejorando así la calidad de las prótesis.(3)

Sin embargo, existe una escasez de literatura científica centrada específicamente en el uso de la fotogrametría en odontología. Al abordar las lagunas en la investigación actual, con esta revisión se pretende contribuir al conocimiento científico en el campo de la implantología y promover la implementación de la fotogrametría como una herramienta clínica válida y confiable.

Por lo tanto, esta revisión sistemática tiene como objetivo principal informar de los beneficios de esta técnica comparando la precisión de las impresiones digitales en prótesis implantosoportadas en rehabilitaciones sobre múltiples implantes realizadas con escáner intraoral en combinación con fotogrametría versus las impresiones únicamente realizadas con escáner intraoral. Además, se plantean otros objetivos como evaluar la influencia del desparalelismo, número de implantes y tipo de escáner intraoral usado, en la precisión del escaneado.

Materiales y métodos

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (4)

- Pregunta PICO:

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

P: Pacientes edéntulos rehabilitados con prótesis fija sobre implantes de arco completo.

I: Impresión digital con escáner intraoral

C: Impresión con escáner intraoral combinado con fotogrametría

O: O1: Precisión la impresión digital con escáner intraoral versus escáner intraoral combinado con fotogrametría

O2: -Evaluar la influencia que tiene el disparalelismo, número de los implantes y tipo de escáner intraoral usado en la precisión del escaneado, en ambos grupos.

- Criterios de elegibilidad:

Los criterios empleados para la inclusión de artículos fueron:

- Tipos de estudio: Estudios experimentales in-vitro, realizados en los últimos 10 años en lengua inglesa, española o italiana.
- Tipo de intervención: Estudios que utilizan el escáner intraoral en impresiones sobre implantes.
- Tipo de control: Estudios que utilizan el escáner intraoral y la fotogrametría en impresiones sobre implantes.
- Tipo de variables de resultados: Estudios que proporcionaran datos relacionados con la precisión/exactitud de escaneado con escáner intraoral y fotogrametría.

Los criterios empleados para la exclusión de artículos fueron: artículos orientados a áreas de la odontología no protésica como ortodoncia, estudios en animales, estudios que no aportan datos cuantitativos.

- Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science en el periodo entre diciembre 2022 y febrero 2023. Las palabras clave utilizadas fueron : “Mouth edentulous” , “ prosthetic rehabilitation”, “ dental implants” , “upper jaw bone”, “superior maxilla” , “complete-arch implant rehabilitation”, “ implant therapy “, “ fixed dental prostheses”, “Rehabilitation of Multiple Unfavorably Positioned Dental Implants “. “ Angled implants”, “Parallel Implants”, “ Dental impression”, “digital impression”, “ intraoral scanner” , “intraoral scanners” , “impression intraoral scanner”, “ intraoral scanning” , “ 3D dental models”, “ Computerized Scanning Method”, “digital workflow”, “Optical Impression “ , “photogrammetry”, “photogrammetric imaging technique”, “stereophotogrammetry”, “photogrammetric impression technique”, “digital printing”, “precision”, “accuracy”, “trueness”, “comparison”.

Se realizó una búsqueda cruzada de artículos potencialmente interesantes para su análisis. Para acceder a artículos no disponibles en la base de datos con texto completo, contactamos directamente a sus autores. Los estudios duplicados se eliminaron de la revisión.

Proceso de selección de artículos

El proceso de selección de los artículos fue llevado a cabo por dos revisores (SA, NHR) mediante un cribado realizado en tres pasos: en primer lugar, se determinaron los artículos elegibles según la congruencia del título, en la segunda fase se analizaron los abstract/resúmenes de los artículos elegidos en la primera fase y, en la tercera y última fase, se analizó el texto completo de los artículos que tenían un abstract congruente con la pregunta de investigación.

Extracción de datos

En los estudios se recogieron las siguientes informaciones:

- Autor/año de publicación
- Tipos de estudio: Estudios experimentales in-vitro.
- Tipo de impresión utilizada (escáner intraoral, fotogrametría)

Variable principal: precisión/exactitud de la impresión; se midió en RMS.

Variable secundaria: disparalelismo de los implantes, número de implantes, tipos de escáneres intraorales utilizados.

Valoración de calidad

La valoración del riesgo de sesgo fue llevada a cabo por dos revisores (NHR, SA) con el fin de evaluar la calidad metodológica de los artículos elegidos, para la lectura crítica de los estudios se utilizó la escala modificada de ARRIVE y CONSORT (5). Los parámetros evaluados incluyen la muestra obtenida mediante proceso estandarizado, si se utilizó un operador único, el cálculo del tamaño de la muestra, si el operador de la máquina de ensayo estaba cegado o no y si se utilizaron muestras, pruebas y fórmulas según las especificaciones estándar. Cada parámetro recibió una puntuación basada en los criterios del estudio. Una puntuación de 0 indica que el artículo informó claramente sobre ese parámetro, una puntuación de 1 indica que se informó de manera insuficiente sobre ese parámetro y una puntuación de 2 indica que no fue posible encontrar información sobre ese parámetro. Además, cada artículo recibió una calificación general del riesgo de sesgo basado en los resultados del estudio. Los artículos que obtuvieron una puntuación entre 0 y 3 fueron clasificados como bajo riesgo de sesgo, aquellos con puntuaciones de 4 a 7 como riesgo moderado, y puntuaciones de 8 a 10 como alto riesgo.

Síntesis de datos

Con el objetivo de confrontar las diferentes variables de resultados entre los estudios, las medias de los valores de las variables principales fueron seleccionadas dependiendo del grupo de estudio.

Se calculó la media ponderada con el fin de obtener resultados más objetivos.

Resultados

Selección de estudios:

Se obtuvieron un total de 312 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=126), SCOPUS (n=2) y la Web of Science (n=183). De estas publicaciones, 58 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados. Como resultado, 6 artículos cumplieron con

los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática. (Fig.1)

Análisis de las características de los estudios revisados:

De los 6 artículos incluidos en la presente revisión, todos son estudios in-vitro, 5 artículos describían el uso de escáneres intraorales como: "TRIOS 3", "3SHAPE", "iTero" y de fotogrametría como: "Icam4D", "Imetric4D" explicando también la diferente angulación y número de implantes puestos (6,7,8,9,10). Otro estudio se enfocaba en probar un nuevo protocolo de captura de imágenes intraorales para obtener datos de medición espacial de implantes tridimensionales (3D) mediante el uso de una cámara digital (11).

En total el uso del escáner intraoral y de la fotogrametría fue probado en 32 implantes.

Evaluación de calidad metodológica y riesgo de sesgo:

Para los estudios analizados, 1 fue considerado un estudio con alto riesgo de sesgo y los otros 5 fueron considerados estudios con un riesgo de sesgo moderado. (Fig 2).

Síntesis de resultados:

Precisión/exactitud de la impresión

Los tipos de distorsión 3D evaluados incluyen la distorsión 3D en fotogrametría (PG) y la distorsión 3D en escáneres intraorales (IDS). Para la distorsión 3D en fotogrametría (PG), los valores promedio obtenidos fueron 0,73 para Ma y cols (29), 0,6 para Revilla-leòn y cols (27), 0.014 para Tohme y cols (17) y 0.01 para Thome y cols (28). El valor promedio fue de 0.34.

Para la distorsión 3D en escáneres intraorales (IDS), los valores promedio obtenidos fueron 6,17 para Ma y cols (29), 0.1 para Revilla-leòn y cols (7), 0.039 para Tohme y cols (8) y 0.04 para Tohme y cols (10). El valor promedio fue de 1.56. (Tabla 1)

En algunos casos, como lo de que Bratos y cols, (31) se presentan los valores en "/" : esto indica que no se proporcionó información sobre ese valor específico en ese artículo. En general, se puede observar que los valores promedio obtenidos

varían significativamente entre los diferentes artículos evaluados.

Disparalelismo de los implantes, número de implantes, tipos de escáneres intraorales.

En nuestra revisión sistemática nos hemos enfocado en variables secundarias que son las mencionadas anteriormente. En el estudio realizado por Ma y cols (29), se evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 11 grados con 6 implantes dentales utilizando los escáneres Imetric4D, Icam4D, TRIOS3 y 3SHAPE. El estudio realizado por Revilla-León y cols (27) evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 10 grados con 6 implantes dentales utilizando los escáneres Imetric4D, Icam4D, iTero, TRIOS3 y 3SHAPE. El estudio de Bratos y cols (31) utilizó una simulación para evaluar la precisión del escáner intraoral en la colocación de implantes dentales. Este estudio no evaluó el disparalelismo y utilizó un escáner fotográfico con solo 5 implantes dentales.

El estudio de Tohme y cols (13) evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 17 grados con 4 implantes dentales utilizando los escáneres Pic-camera, 3SHAPE y TRIOS3 y los mismos autores ,Tohme y cols (27) evaluaron lo mismo en otra revisión en una angulación de 0 a 45 grados con 4 implantes dentales utilizando los escáneres Pic-Camera, TRIOS3 y 3SHAPE.Lo realizado por Sallorenzo y cols (30), evaluó el disparalelismo en una angulación de 0 a 45 grados con un total de 12 implantes dentales utilizando los escáneres Pic camera y TRIOS3.

Se ha verificado que la distorsión es directamente proporcional al número y a la angulación de implantes o sea que a mayor número y angulación de implantes hay una mayor distorsión.

No se ha encontrado una diferencia significativa en los resultados en cuanto a los tipos de escáneres utilizados. (Tabla 2)

Discusión

Según los resultados compartidos en nuestra revisión sistemática, estudiando el valor RMS en prótesis implantosoportadas, la distorsión es menor con el uso de la fotogrametría (0,34) con respecto al uso del escáner intraoral (1,34).

Para conseguir estos resultados nos hemos apoyado en los siguientes estudios todos realizados in vitro:

- Ma y cols (6) que se encontró una distorsión en RMS de 0.73 en el uso de la fotogrametría (PG) y 6.17 en escáner intraoral (IDS).
- Revilla-León y cols (7) que se encontró una distorsión en RMS de 0,6 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.1 en escáner intraoral (IDS).
- Bratos y cols (11) no evaluó el disparelismo y utilizó un escáner fotográfico, por lo tanto no se pudieron obtener resultados comparables con los otros estudios.
- Tohme y cols (8) que encontró una distorsión en RMS de 0.014 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.039 en escáner intraoral (IDS).
- Tohme y cols (10) que encontró una distorsión en RMS de 0.01 en el uso de la fotogrametría (PG) y 0.04 en escáner intraoral (IDS).
- Sallorenzo y cols (9) que consiguió resultados no comparables con los otros estudios
- Ma y cols (6) y Revilla-León y cols (7) realizan un estudio similar en cuanto a número de implantes, y disparelismo de estos; de hecho presentan resultados similares en cuanto a la distorsión de la fotogrametría (PG): 0,73-0.6 RMS pero muy distintos en cuanto a la distorsión de escáner intraoral (IDS): 6,17-0.1 RMS. Otra similitud la encontramos en los estudios de Tohme y cols (10) y Sallorenzo y cols (9) que ambos realizan las impresiones en implantes con angulación hasta 45°, pero en un número de implantes muy diferente y obtienen resultados no comparables entre ellos. Los estudios realizados por Tohme y cols, (8)(10) presentan resultados muy similares entre ellos: distorsión de fotogrametría (PG) 0.014-0.01 RMS y distorsión en escáner intraoral (IDS) 0.039-0.04 RMS.

Nuestra revisión sistemática presenta similitudes con el estudio realizado por Yan Y y cols (12) que evalúa la precisión de la SPG (fotogrametría especializada) obteniendo que el valor varía entre 2.70 mm y 92.80 mm, lo cual es significativamente más preciso que el IOS (escáner intraoral) que presenta una precisión que oscila entre 21.30 mm y 815.60 mm.

Sin embargo, según un estudio de laboratorio realizado por Örtorp y cols (13) la

distorsión angular en términos absolutos es mayor con la técnica fotogramétrica ($p < 0,05$ a $p < 0,001$), por lo tanto es importante considerar las posibles distorsiones angulares que podrían afectar la precisión. Las mismas consideraciones anteriormente mencionadas, y en contra de nuestra revisión, las comparte en su estudio Revilla-Leon y cols (14) donde el escáner intraoral obtiene un valor de precisión de 18.40 ± 6.81 mm, mientras que la fotogrametría muestra un valor de precisión de escaneo de 20.15 ± 25.41 mm. A partir de estos valores, se puede deducir que el escáner intraoral presenta una mayor precisión.

La precisión del escaneado intraoral combinado con fotogrametría es mayor que la del escaneado intraoral solo y el disparalelismo y número de los implantes utilizados pueden influir en la precisión del escaneado, mientras que el tipo de escáner intraoral no.

En contra a nuestras consideraciones Yan Y y cols (12) no encuentra una correlación significativa entre la angulación y el número de implantes y la desviación tridimensional en el grupo de SPG, pero sí en el grupo de IOS. Aunque se encontró una tendencia hacia una mayor precisión del escaneado combinado con fotogrametría en comparación con el escaneado intraoral solo, es importante tener en cuenta que esta conclusión se basa en un número limitado de estudios y además no hay un criterio común de evaluación de precisión/exactitud en los diferentes analizados y, siendo in vitro, no consideran las características de la cavidad oral a la hora de tomar la impresión.

El disparalelismo de los implantes puede influir en la precisión del escaneado: a más disparalelismo más distorsión. El escaneado intraoral combinado con fotogrametría puede ser más preciso en presencia de disparalelismo de los implantes.

El número de implantes puede influir en la precisión del escaneado siendo la distorsión directamente proporcional al número: a mayor número de implantes, mayor distorsión de la impresión.

El tipo de escáner intraoral no influye en la precisión del escaneado.

Bibliografía:

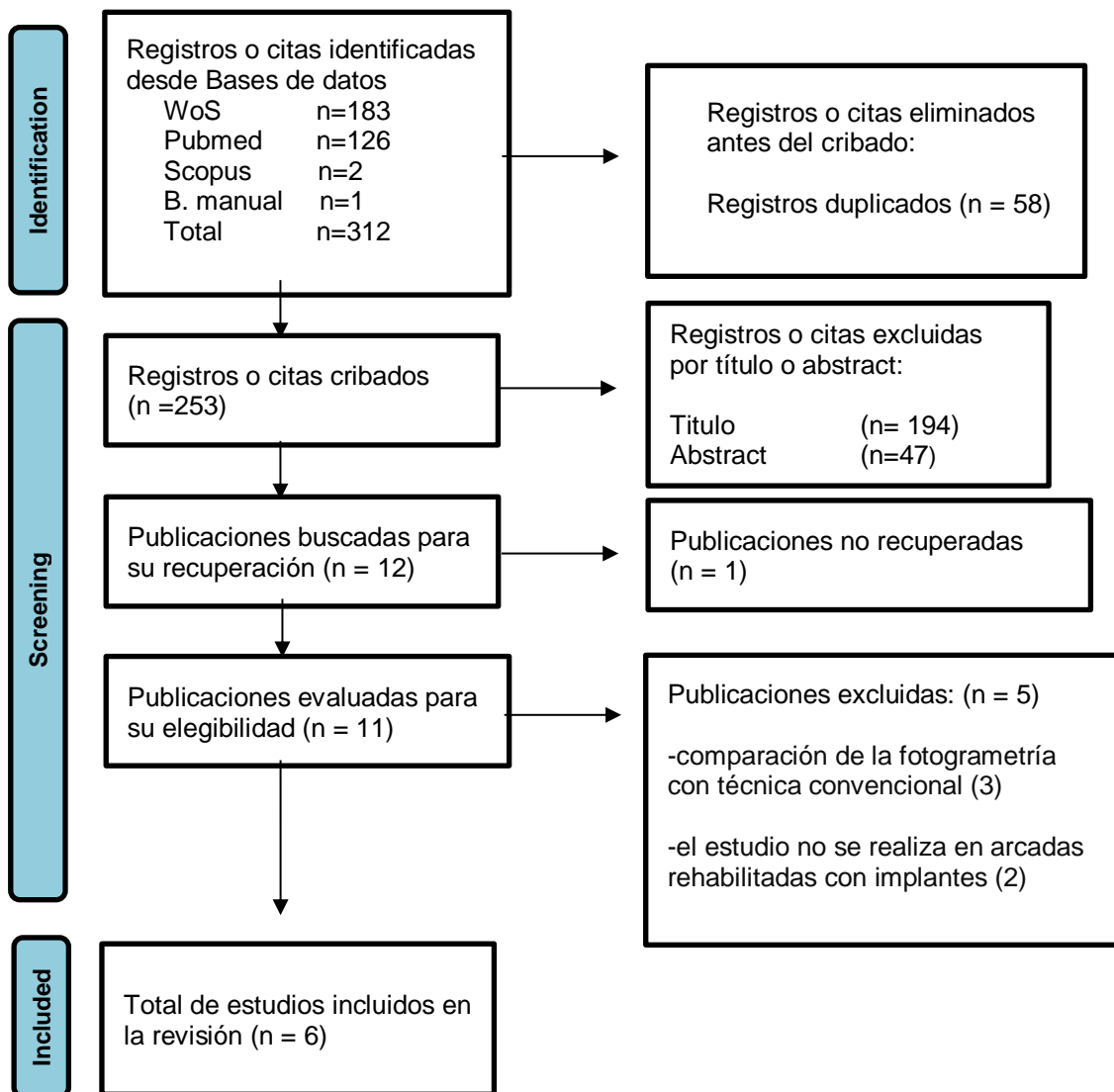
1. Tallarico M. Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. *Materials*. 2020;13(9):2172.
2. Tamimi F, Hirayama H. *A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures Digital Restorative Dentistry*. Springer; 2019
3. Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital Dental Models: Is Photogrammetry an Alternative to Dental Extraoral and Intraoral Scanners? *Dent J (Basel)*. 2022 Feb 1;10(2).
4. 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.
5. 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. Vol. 2015, *Stem Cells International*. Hindawi Publishing Corporation; 2015.
6. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. *BMC Oral Health*. 2021 Dec 1;21(1).
7. Revilla-León M, Att W, Dent M, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. 2021;125(3):470–8
8. Tohme H, Lawand G, Eid R, Ahmed KE, Salameh Z, Makzoume J. Accuracy of implant level intraoral scanning and photogrammetry impression techniques in a complete arch with angled and parallel implants: An in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Nov 1;11(21).
9. Sallorenzo A, Gómez-Polo M. Comparative study of the accuracy of an implant intraoral scanner and that of a conventional intraoral scanner for complete-arch fixed dental prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021
10. Tohme H, Lawand G, Chmielewska M, Makhzoume J. Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study.
11. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for

complete-arch implant prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018 Aug 1;120(2):232–41.

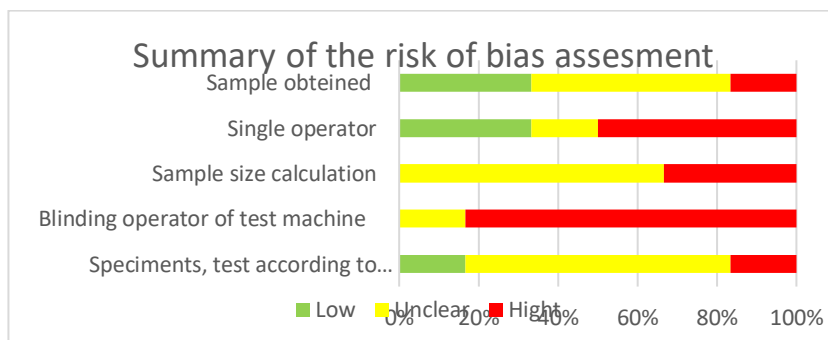
12. Yan Y, Lin X, Yue X, Geng W. Accuracy of 2 direct digital scanning techniques: intraoral scanning and stereophotogrammetry for complete arch implant-supported fixed prostheses: A prospective study.

13. Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: A comparative laboratory study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2005;7(1):43–50.

14. Revilla-León M, Rubenstein J, Methani MM, Piedra-Cascón W, Özcan M, Att W. Trueness and precision of complete-arch photogrammetry implant scanning assessed with a coordinate-measuring machine



(Fig 1: Diagrama de flujo PRISMA del proceso de búsqueda y selección de títulos durante la revisión sistemática.)



(Fig 2: Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios siguiendo la guia de Arrive y Consort.)

<u>Precisión/Exactitud en RMS</u>	Ma y cols, (29)	Revilla-leòn y cols,(27)	Brato s y cols,(31)	Tohm e y cols,(17)	Tohm e y cols,(28)	Sallorenz o y cols,(30)	Valor promedio
DISTORSION 3D FOTOGRAMETRIA (PG)	0,73	0.6	//	0.014	0.01	//	0,34
DISTORSION 3D ESCANERES INTRAORALES (IDS)	6.17	0.1	//	0.039	0.04	//	1,56

(Tabla 1: Analisis cuantitativa)

ARTICULO	REFERENCIA	AÑO DE PUBLICACION	TIPO DE ESTUDIO	DISPARALELISMO	NUMERO DE IMPLANTES	TIPO DE ESCANER	LIMITACIONES
1	Ma y cols, (29)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 11 grados	6	Imetric4D Icam4D TRIOS3 3SHAPE	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
2	Revilla-leòn y cols,(27)	2020	In-vitro	Angulación de 0 a 10 grados	6	TRIOS3 iTerio Icam4D Imetric4D	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
3	Bratos y cols, (31)	2018	In-vitro	NO	5	Canon D90	Simulación
4	Tohme y cols, (17)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 17 grados	4	Pic-camer 3SHAPE TRIOS3	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
5	Tohme y cols, (28)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 45 grados	4	Pic-Camera TRIOS3 3SHAPE	Este estudio no considera las características de la cavidad oral
6	Sallorenzo y cols, (30)	2021	In-vitro	Angulación de 0 a 45 grados	12	Pic-Camera TRIOS3	Este estudio no considera las características de la cavidad oral

(Tabla 2: Análisis cualitativa)

Comparison of scanning accuracy in implant-supported rehabilitations using intraoral scanner vs. intraoral scanner combined with photogrammetry: a systematic review.

Authors:

Sarah Avino 1, Natalia Herrero Román 2

1 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

2 Professor, Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondence:

Natalia Herrero Román

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

Natalia.herrero@universidadeuropea.es

ABSTRACT

Introduction:

When we talk about digital workflow in Dentistry, we refer to the use of digital technology throughout the entire process, from diagnosis to treatment. The digitization of workflow procedures offers many advantages in terms of time and precision. The objective of this study is to conduct a systematic review on the accuracy of scanning in implant-supported rehabilitations using intraoral scanners versus photogrammetry, as well as to evaluate the influence of angulation, number of implants, and type of scanner on accuracy.

Materials and Methods:

An electronic search was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases for articles on digital impressions using intraoral scanners or photogrammetry in rehabilitations with multiple implants up until February 2023.

Results:

Out of the 312 potentially eligible articles, 6 met the inclusion criteria, all of which were in vitro studies. Among them, 5 described the use of intraoral scanners such as "TRIOS 3," "3SHAPE," and "iTero," and photogrammetry scanners such as "Icam4D" and "Imetric4D," also explaining the different angulation and number of placed implants. In total, the use of intraoral scanners and photogrammetry was tested on 32 implants. The conducted systematic review indicates that the precision (RMS) of intraoral scanning is higher in intraoral scanning with photogrammetry (distortion 0.34) than in intraoral scanning with intraoral scanners (distortion 1.56), and the combination of both techniques can provide greater precision.

Conclusions:

In conclusion, the systematic review suggests that combining intraoral scanning with photogrammetry is a more accurate technique than conventional intraoral scanning for implant-supported rehabilitations. The accuracy of scanning is influenced by angulation and the number of implants: increasing these values leads to higher distortion. However, more studies are needed to confirm these results and determine the limitations and advantages of each technique in different clinical situations.

Key words: Prosthetic rehabilitation, Implants, Photogrammetry, Intraoral scanners

Introduction:

Digital dentistry is transforming the world of dentistry, especially in prosthetic areas such as implantology (1). Photogrammetry allows capturing high-resolution digital images of the patient's mouth, which are processed using software that reconstructs a three-dimensional model of the teeth and oral structures. One key advantage of this technique is facilitating the planning and design of implant-supported prostheses as the dimension and position of the implants can be visualized. Photogrammetry can only be applied to implants and therefore requires integration with other digital impression techniques to capture the dentition and surrounding tissues (2). This technique has emerged as a promising tool by streamlining communication among dentists, technicians, and patients, thereby improving the quality of prostheses (3).

However, there is a scarcity of scientific literature specifically focused on the use of photogrammetry in dentistry. By addressing the gaps in current research, this review aims to contribute to scientific knowledge in the field of implantology and promote the implementation of photogrammetry as a valid and reliable clinical tool. Therefore, the main objective of this systematic review is to report on the benefits of this technique by comparing the accuracy of digital impressions in implant-supported prostheses in rehabilitations involving multiple implants using intraoral scanners in combination with photogrammetry versus impressions solely made with intraoral scanners. Additionally, other objectives include evaluating the influence of non-parallelism, number of implants, and type of intraoral scanner used on the scanning accuracy.

Materials and Methods:

This systematic review was conducted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines (4).

Focus question:

The format of the question was established according to the structured PICO question:

P: Edentulous patients rehabilitated with fixed prostheses on full arch implants.

I: Digital impression with intraoral scanner.

C: Digital impression with intraoral scanner combined with photogrammetry.

O: O1: Accuracy of digital impression with intraoral scanner versus intraoral scanner combined with photogrammetry.

O2: Evaluate the influence of implant angulation, the number of implants, and the type of intraoral scanner used on scanning accuracy in both groups.

Eligibility Criteria:

The criteria used for inclusion of articles were:

- Study types: In vitro experimental studies conducted within the last 10 years in English, Spanish, or Italian languages.
- Intervention type: Studies utilizing intraoral scanner for implant impressions.
- Control type: Studies utilizing intraoral scanner and photogrammetry for implant impressions.
- Outcome variable type: Studies providing data related to scanning accuracy/precision with intraoral scanner and photogrammetry.

The criteria used for exclusion of articles were: articles focused on non-prosthetic dentistry areas such as orthodontics, studies in animals, and studies that did not provide quantitative data.

Information Sources and Search Strategy:

A search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases

between December 2022 and February 2023. The following keywords were used: 'Mouth edentulous', 'prosthetic rehabilitation', 'dental implants', 'upper jaw bone', 'superior maxilla', 'complete-arch implant rehabilitation', 'implant therapy', 'fixed dental prostheses', 'Rehabilitation of Multiple Unfavorably Positioned Dental Implants', 'Angled implants', 'Parallel Implants', 'Dental impression', 'digital impression', 'intraoral scanner', 'intraoral scanners', 'impression intraoral scanner', 'intraoral scanning', '3D dental models " Computerized Scanning Method"', "digital workflow", "Optical Impression", "photogrammetry", "photogrammetric imaging technique", "stereophotogrammetry", "photogrammetric impression technique", "digital printing", "precision", "accuracy", "trueness", "comparison".

A cross-referenced search of potentially relevant articles for analysis was conducted. To access articles not available in the full-text database, we reached out directly to their authors. Duplicate studies were eliminated from the review.

Article selection process

The article selection process was conducted by two reviewers (SA, NHR) through a three-step screening process: Firstly, eligible articles were identified based on the relevance of their titles. In the second phase, the abstracts of the selected articles from the first phase were analyzed. Lastly, the full text of articles with abstracts congruent with the research question was thoroughly examined.

Data Extraction

In the studies, the following information was collected:

Author/year of publication

Study type: In-vitro experimental studies.

Type of impression used (intraoral scanner, photogrammetry)

Primary variable: Precision/accuracy of the impression. This variable was measured in RMS (root mean square).

Secondary variable: Implant divergence, number of implants, types of intraoral scanners used.

Quality Assessment

The assessment of the risk of bias was conducted by two reviewers (SA, NHR) to evaluate the methodological quality of the selected articles. The modified ARRIVE and CONSORT scales (5) were used for the critical reading of the studies. The evaluated parameters included the sample obtained through a standardized process, the use of a single operator, calculation of sample size, whether the machine operator was blinded or not, and whether samples, tests, and formulas were used according to standard specifications. Each parameter received a score based on the study criteria. A score of 0 indicates that the article clearly reported that parameter, while a score of 1 indicates that the parameter was reported but insufficiently or unclearly. A score of 2 indicates that it was not possible to find information on that parameter in the article. Additionally, each article received an overall risk of bias rating based on the study results. Articles that scored between 0 and 3 were classified as low risk of bias, those with scores of 4 to 7 as moderate risk, and scores of 8 to 10 as high risk.

Data Synthesis

To compare the different outcome variables across studies, the means of the main variable values were selected based on the study groups. Weighted means were calculated to obtain more objective results.

Results

Study Selection:

A total of 312 articles were obtained from the initial search process: Medline - PubMed (n=126), SCOPUS (n=2), and Web of Science (n=183). Out of these publications, 58 were identified as potentially eligible articles through title and abstract screening. Full-text articles were subsequently obtained and thoroughly evaluated. As a result, 6 articles met the inclusion criteria and were included in the present systematic review. (Fig.1)

Analysis of Reviewed Study Characteristics:

Out of the 6 included articles in the present review, all were in-vitro studies. Five articles described the use of intraoral scanners such as "TRIOS 3," "3SHAPE," "iTero," and photogrammetry such as "Icam4D," "Imetric4D," also explaining the

different angulation and number of placed implants (6, 7, 8, 9, 10). Another study focused on testing a new protocol for capturing intraoral images to obtain spatial measurement data of three-dimensional (3D) implants using a digital camera (11). In total, the use of intraoral scanners and photogrammetry was tested on 32 implants.

Risk of Bias:

Out of the analyzed studies, 1 was considered a study with a high risk of bias, and the other 5 were considered studies with a moderate risk of bias. (Fig. 2)

Summary of Results:

Precision/Accuracy of Impression:

The evaluated types of 3D distortion included 3D distortion in photogrammetry (PG) and 3D distortion in intraoral scanners (IDS). For 3D distortion in photogrammetry (PG), the average values obtained were 0.73 for Ma et al. (6), 0.6 for Revilla-León et al. (7), 0.014 for Tohme et al. (8), and 0.01 for Thome et al. (10). The overall average value was 0.34.

For 3D distortion in intraoral scanners (IDS), the average values obtained were 6.17 for Ma et al. (6), 0.1 for Revilla-León et al. (7), 0.039 for Tohme et al. (8), and 0.04 for Tohme et al. (10). The overall average value was 1.56. (Table 1)

In some cases, such as in the study by Bratos et al. (11), values are presented as "//," indicating that specific information about that particular value was not provided in that article. Overall, it can be observed that the average values obtained vary significantly among the different evaluated articles.

Implant Misalignment, Number of Implants, Types of Intraoral Scanners:

In our systematic review, we focused on the aforementioned secondary variables. In the study conducted by Ma et al. (6), misalignment was evaluated in an angulation range of 0 to 11 degrees with 6 dental implants using Imetric4D, Icam4D, TRIOS3, and 3SHAPE scanners. The study by Revilla-León et al. (7) evaluated misalignment in an angulation range of 0 to 10 degrees with 6 dental implants using Imetric4D, Icam4D, iTero, TRIOS3, and 3SHAPE scanners. The study by Bratos et al. (29) used a simulation to evaluate the accuracy of intraoral

scanners in dental implant placement. This study did not evaluate misalignment and used a photographic scanner with only 5 dental implants.

The study by Tohme et al. (13) evaluated misalignment in an angulation range of 0 to 17 degrees with 4 dental implants using Pic-camera, 3SHAPE, and TRIOS3 scanners, and the same authors, Tohme et al. (27), evaluated the same in another review with an angulation range of 0 to 45 degrees with 4 dental implants using Pic-Camera, TRIOS3, and 3SHAPE scanners. Sallorenzo et al. (11) evaluated misalignment in an angulation range of 0 to 45 degrees with a total of 12 dental implants using Pic camera and TRIOS3 scanners.

It has been verified that distortion is directly proportional to the number and angulation of implants, meaning that a higher number and angulation of implants lead to greater distortion.

No significant difference has been found in the results regarding the types of intraoral scanners used. (Table 2)

Discussion

According to the results shared in our systematic review, studying the RMS value in implant-supported prostheses, distortion is lower when using photogrammetry (0.34) compared to intraoral scanning (1.34).

To achieve these results, we relied on the following in vitro studies:

Ma et al. (6) found an RMS distortion of 0.73 when using photogrammetry (PG) and 6.17 with intraoral scanner (IDS).

Revilla-León et al. (7) found an RMS distortion of 0.6 when using photogrammetry (PG) and 0.1 with intraoral scanner (IDS).

Bratos et al. (11) did not evaluate parallelism and used a photographic scanner, so comparable results could not be obtained with the other studies.

Tohme et al. (8) found an RMS distortion of 0.014 when using photogrammetry (PG) and 0.039 with intraoral scanner (IDS).

Tohme et al. (10) found an RMS distortion of 0.01 when using photogrammetry (PG) and 0.04 with intraoral scanner (IDS).

Sallorenzo et al. (9) obtained results that were not comparable to the other studies.

Ma et al. (6) and Revilla-León et al. (7) conducted a similar study in terms of the number of implants and their parallelism; in fact, they presented similar results regarding the distortion of photogrammetry (PG): 0.73-0.6 RMS, but very different results regarding the distortion of intraoral scanner (IDS): 6.17-0.1 RMS. Another similarity is found in the studies by Tohme et al. (10) and Sallorenzo et al. (9), where both made impressions on implants with an angulation of up to 45°, but with a very different number of implants, and obtained results that were not comparable between them. The studies conducted by Tohme et al. (8)(10) present very similar results to each other: photogrammetry (PG) distortion of 0.014-0.01 RMS and intraoral scanner (IDS) distortion of 0.039-0.04 RMS. Our systematic review presents similarities with the study conducted by Yan Y et al. (12), which evaluates the accuracy of SPG (specialized photogrammetry), obtaining values ranging from 2.70 mm to 92.80 mm, which is significantly more accurate than IOS (intraoral scanner) with an accuracy ranging from 21.30 mm to 815.60 mm.

However, according to a laboratory study conducted by Örtorp et al. (13), angular distortion in absolute terms is higher with photogrammetric technique ($p < 0.05$ to $p < 0.001$). Therefore, it is important to consider the possible angular distortions that could affect accuracy. These same considerations, contrary to our review, are also shared in a study by Revilla-Leon et al. (14), where the intraoral scanner obtains a precision value of 18.40 ± 6.81 mm, while photogrammetry shows a scanning precision value of 20.15 ± 25.41 mm. From these values, it can be deduced that the intraoral scanner presents higher precision.

The precision of combined intraoral scanning with photogrammetry is higher than that of intraoral scanning alone, and the parallelism and number of implants used can influence scanning precision, while the type of intraoral scanner does not. Contrary to our considerations, Yan Y et al. (12) did not find a significant correlation between angulation and the number of implants and three-dimensional deviation in the SPG group, but did find such a correlation in the IOS group. Although there was a trend towards higher precision with combined scanning using photogrammetry compared to intraoral scanning alone, it is important to

note that this conclusion is based on a limited number of studies, and there is no common criterion for evaluating precision/accuracy in the different analyses. Additionally, being in vitro studies, they do not consider the characteristics of the oral cavity when taking impressions.

The parallelism of implants can influence scanning precision: the greater the parallelism, the less distortion. Combined intraoral scanning with photogrammetry may be more accurate in the presence of implant parallelism.

The number of implants can influence scanning precision, with distortion being directly proportional to the number: the greater the number of implants, the greater the distortion of the impression.

The type of intraoral scanner does not influence scanning precision.

Bibliography

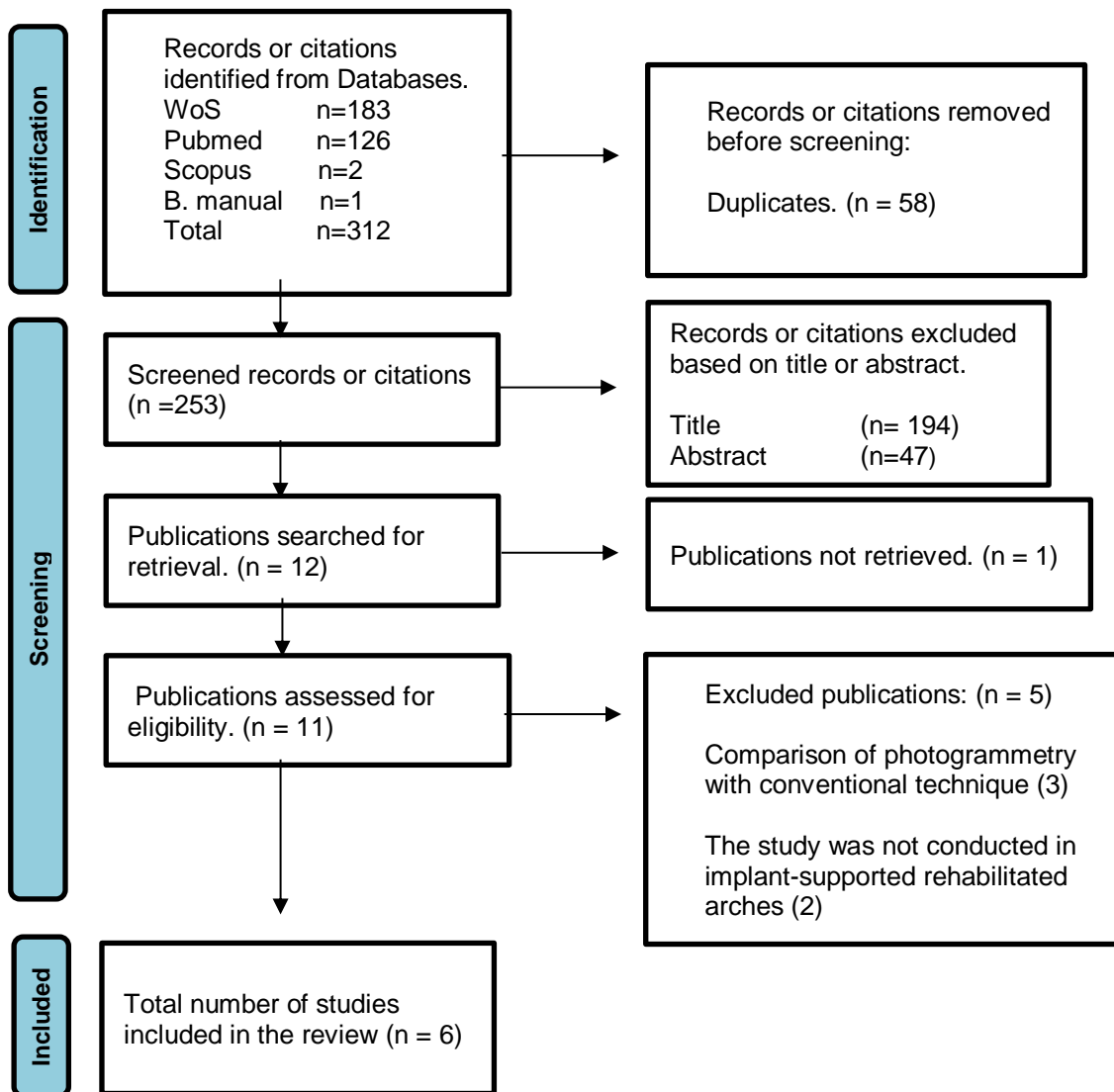
1. Tallarico M. Computerization and digital workflow in medicine: Focus on digital dentistry. *Materials*. 2020;13(9):2172.
2. Tamimi F, Hirayama H. *A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures Digital Restorative Dentistry*. Springer; 2019
3. Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital Dental Models: Is Photogrammetry an Alternative to Dental Extraoral and Intraoral Scanners? *Dent J (Basel)*. 2022 Feb 1;10(2).
4. 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.
5. 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. Vol. 2015, *Stem Cells International*. Hindawi Publishing Corporation; 2015.
6. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. *BMC Oral Health*. 2021 Dec 1;21(1).
7. Revilla-León M, Att W, Dent M, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. 2021;125(3):470–8
8. Tohme H, Lawand G, Eid R, Ahmed KE, Salameh Z, Makzoume J. Accuracy of implant level intraoral scanning and photogrammetry impression techniques in a complete arch with angled and parallel implants: An in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Nov 1;11(21).
9. Sallorenzo A, Gómez-Polo M. Comparative study of the accuracy of an implant intraoral scanner and that of a conventional intraoral scanner for complete-arch fixed dental prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021
10. Tohme H, Lawand G, Chmielewska M, Makzoume J. Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study.
11. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated

intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018 Aug 1;120(2):232–41.

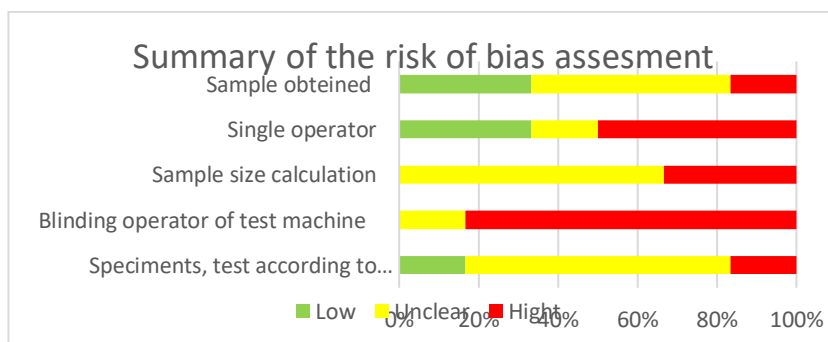
12. Yan Y, Lin X, Yue X, Geng W. Accuracy of 2 direct digital scanning techniques in intraoral scanning and stereophotogrammetry for complete arch implant-supported fixed prostheses: A prospective study.

13. Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: A comparative laboratory study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2005;7(1):43–50.

14. Revilla-León M, Rubenstein J, Methani MM, Piedra-Cascón W, Özcan M, Att W. Trueness and precision of complete-arch photogrammetry implant scanning assessed with a coordinate-measuring machine



(Fig 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review)



(Fig 2: studies risk of bias following Arrive y Consort's guidelines)

<u>Precisión/Exactitud en RMS</u>	Ma y cols, (29)	Revilla-leòn y cols,(27)	Bratos y cols, (31)	Tohme y cols, (17)	Tohme y cols, (28)	Sallorenzo y cols, (30)	Average value
3D DISTORTION PHOTOGRAMMETRY (PG)	0,73	0.6	//	0.014	0.01	//	0,34
3D DISTORTION INTRAORAL SCANNERS (IDS)	6.17	0.1	//	0.039	0.04	//	1,56

(Table 1: Quantitative analysis.)

ARTICLE	REFERENCE	YEAR	STUDY TYPE	DISPARALLELISM	NUMBER OF IMPLANTS	SCANNER TYPE	LIMITATIONS
1	Ma y cols, (29)	2021	In-vitro	Angular deviation from 0 to 11 degrees.	6	Imetric4D Icam4D TRIOS3 3SHAPE	This study does not consider the characteristics of the oral cavity.
2	Revilla-leòn y cols,(27)	2020	In-vitro	Angular deviation from 0 to 10 degrees.	6	TRIOS3 iTerio Icam4D Imetric4D	This study does not consider the characteristics of the oral cavity.
3	Bratos y cols, (31)	2018	In-vitro	NO	5	Canon D90	Simulation
4	Tohme y cols, (17)	2021	In-vitro	Angular deviation from 0 to 17 degrees.	4	Pic-camer 3SHAPE TRIOS3	This study does not consider the characteristics of the oral cavity.
5	Tohme y cols, (28)	2021	In-vitro	Angular deviation from 0 to 45 degrees.	4	Pic-Camera TRIOS3 3SHAPE	This study does not consider the characteristics of the oral cavity.
6	Sallorenzo y cols, (30)	2021	In-vitro	Angular deviation from 0 to 45 degrees.	12	Pic-Camera TRIOS3	This study does not consider the characteristics of the oral cavity.

(Table 2: Qualitative analysis)

