

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
DE LICENCIATURA EN ODONTOLOGÍA**

Título de la investigación:

“EXACTITUD DE LA IMPRESIÓN DENTAL DIGITAL VERSUS LA
IMPRESIÓN ANÁLOGA EN PRÓTESIS FIJA DE MÚLTIPLES UNIDADES:
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS EN PUBMED Y
SCIENCEDIRECT.”

Nombre de la estudiante

KAREN SOLANO OROZCO

Tuto:

JAIRO PARRA RIVERA

SEDE ARANJUEZ

NOVIEMBRE,2025

RESUMEN

Desde los inicios de la odontología, las técnicas de impresión han sido esenciales para obtener registros precisos de la cavidad oral, con ello, elaborar modelos de trabajo que permitan planificar y ejecutar adecuadamente los tratamientos restauradores. A lo largo del tiempo, las impresiones análogas han enfrentado limitaciones relacionadas con la distorsión dimensional, la sensibilidad a la técnica, las variaciones ambientales y la dependencia del operador. Con la incorporación del flujo digital y los sistemas CAD/CAM, surgieron alternativas que ofrecen mejoras en la captura tridimensional, la experiencia del paciente y la reducción de errores asociados a la manipulación de materiales. El objetivo fue evaluar la exactitud de la impresión digital frente a la impresión análoga en la confección de prótesis fijas de múltiples unidades mediante una revisión narrativa de la literatura científica. La investigación es de diseño documental y se realiza siguiendo los pasos para elaborar una revisión bibliográfica, presenta un enfoque de revisión bibliográfico de enfoque cualitativo, cuyo propósito es analizar y sintetizar la evidencia encontrada. Se utilizaron niveles de evidencia de nivel 1 como las revisiones sistemáticas y metaanálisis, de nivel 2 como lo son los estudios clínicos controlados y de nivel 3 como los estudios de cualquier tipo (experimental, observacionales, de revisión o consenso). En prótesis fijas de múltiples unidades, los resultados indican que ambos métodos proporcionan ajustes marginales dentro de los parámetros clínicamente aceptables, aunque los escaneos digitales suelen mostrar ligeras mejoras sin diferencias estadísticamente significativas. En términos generales, los estudios coinciden en que ambas técnicas son válidas y efectivas, pero existe una tendencia creciente hacia la superioridad del método digital debido a su precisión, predictibilidad y ventajas operativas. La evidencia apunta a que las impresiones digitales se están consolidando como una alternativa precisa, predecible y clínicamente eficiente, respaldada por sus ventajas: captura tridimensional inmediata, eliminación de errores derivados de los materiales de impresión y posibilidad de verificación en tiempo real. A pesar de ello, ambas técnicas continúan siendo válidas en la práctica clínica actual. No obstante, los avances tecnológicos en software y hardware sugieren que los sistemas digitales representan la dirección futura en la elaboración de prótesis fijas.

DEDICATORIA

Esta tesis tiene que ir dirigida a varias personas. Inicialmente a mi madre, que es el pilar fundamental de mi vida, mi apoyo incondicional, mi guía y mi motor, la que siempre está para mí en todo momento, me acompaña y me motiva a seguir adelante día con día. Es la persona que se ha sacrificado siempre por mí y no tengo como agradecerle todo el amor y la ayuda que me ha dado en todo momento.

A mi padre, es quien me ha ayudado como persona y profesional, sé que cuando lo necesito él siempre está ahí.

A mi prima Alexandra y a mi hermana Karla que sé que desde el cielo me están cuidando y guiando, quienes las tengo presente en cada momento y en todo lo que haga. Guardo el anhelo de volver a verlas otra vez y poderlas abrazar. Ale me guio desde pequeña a ser mejor persona, me cuidó y me quiso tanto como una hermana y en compensación me dio dos hermosos niños, para quererlos y cuidarlos justo como ella lo hizo conmigo.

A Andrey y Pau, quienes me han demostrado lo que es la resiliencia, el amor y la paciencia, quienes me han aceptado, aun con mis errores y defectos.

A Andrés, quien ha sido mi hermano, mi compañero de aventuras y mi hombro para llorar siempre que lo necesito. Es la persona que me ha acompañado en todo momento, me ha demostrado lo que es realmente importante en la vida y me ha enseñado que tengo las herramientas suficientes para superar cualquier obstáculo. Me ha brindado su apoyo a pesar de estar lejos, cansado u ocupado, él siempre está ahí para mí.

Karen

AGRADECIMIENTOS

Quiero darle las gracias a las personas que dispusieron de su tiempo y pudieron participar en mi investigación, desde el inicio de esta etapa fueron de gran ayuda sin ellos esto no hubiera sido posible.

Jairo y Cristian, mi agradecimiento hacia ustedes queda para toda la vida. Fueron quienes me motivaron, apoyaron y acompañaron en esta etapa tan importante, quienes me retaron a mejorar y nunca perdieron la paciencia, incluso cuando yo insistía una y otra vez con algún tema en específico. Siempre estuvieron ahí cuando los necesité y no puedo estar más agradecida por haber aceptado ser parte de este camino.

Me guiaron durante todo mi proceso práctico de pregrado y me abrieron las puertas a la prostodoncia, logrando que me enamorara de ella. Me explicaron siempre con paciencia, cariño y dedicación. Confiaron en mis capacidades incluso en esos momentos en los que ni yo misma lo hacía. Por eso y por todas las enseñanzas que me brindaron, gracias.

Karen

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CAPÍTULO I- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 JUSTIFICACIÓN	6
1.5 ANTECEDENTES	9
1.5.1 Antecedentes históricos	9
1.5.2 Antecedentes internacionales.....	14
1.5.3 Antecedentes nacionales.....	23
CAPÍTULO II- MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 GENERALIDADES DE LAS IMPRESIONES DENTALES ANÁLOGAS.....	25
2.2 GENERALIDADES DE LAS IMPRESIONES DENTALES DIGITALES.....	31

2.3	EXACTITUD DE LAS IMPRESIONES DENTALES ANÁLOGAS Y DIGITALES.....	37
2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS IMPRESIONES DENTALES	42
2.5	TIPOS DE ESCÁNERES DIGITALES.....	45
2.6	SISTEMA CAD/ CAM, PROCESOS Y CARACTERÍSTICAS.....	61
2.7	PRECISIÓN DE LOS ESCÁNERES DIGITALES.....	69
2.8	. DESAJUSTE EN LAS PRÓTESIS FIJAS	72
	CAPÍTULO III- MARCO METODOLÓGICO.....	75
3.1	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	76
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	76
3.3	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	76
3.4	CRITERIOS DE BÚSQUEDA	77
	Tabla 1. Criterios de búsqueda.....	77
3.5	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	78
	Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión	78
3.6	PROCESO DE SELECCIÓN	79
	Ilustración 1.Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda	79
3.7	CLASIFICACIÓN SEGÚN NIVELES DE EVIDENCIA	80
	CAPÍTULO IV- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
	CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1	CONCLUSIONES.....	86
5.2	RECOMENDACIONES	87

CAPÍTULO VI-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXO A.....	98

LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

TABLA 1. CRITERIOS DE BÚSQUEDA.....	77
TABLA 2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	78
TABLA 3. CLASIFICACIÓN SEGÚN NIVELES DE EVIDENCIA.....	80
ILUSTRACIÓN 1.DIAGRAMA DE FLUJO O ALGORITMO DE BÚSQUEDA	79

LISTA DE ABREVIATURAS

- 2D: Bidimensional
- 3D: Tridimensional
- CAD/CAM: Diseño Asistido por Computadora y Manufactura Asistida por Computadora
- CEREC®: Chairside Economical Restoration Esthetic Ceramics
- DAQ: Adquisición de datos
- IOS: Escáner intraoral
- MFI Medical Franchise Investment.
- STL: Lenguaje de teselación estándar

CAPÍTULO I-
INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Desde los inicios de la odontología, ha existido la necesidad de obtener registros extraorales de la cavidad oral mediante técnicas de impresión. Estos registros permiten elaborar un plan de tratamiento adecuado para abordar las afecciones de los pacientes. No obstante, estos presentan grandes desafíos, como la distorsión dimensional, errores de manipulación por el operador y variaciones causadas por la humedad y la temperatura. ¹

El éxito clínico de las restauraciones fijas depende en gran medida de la precisión y la exactitud del modelo de trabajo porque influye directamente en el ajuste marginal, la estabilidad, la retención y el soporte de la prótesis. Un modelo inexacto puede comprometer no solamente la integridad de la restauración, sino también la salud periodontal y el pronóstico a largo plazo. ¹

Gracias al avance de la tecnología CAD/CAM y la introducción de escáneres intraorales, se logra opciones innovadoras. Con este flujo digital se logra registrar con la topografía dental, generando archivos digitales, donde además se mejora la experiencia del paciente, reducción de tiempos y eliminación de errores de vaciado y menor dependencia del operador. ¹

Otro aspecto importante que considerar son los costos. Las impresiones digitales brindan una serie de beneficios, mencionados anteriormente, en comparación con las impresiones análogas, sin embargo, la obtención de los dispositivos con los cuales se deben realizar las impresiones digitales puede llegar a ser costosos, esto podría llegar a elevar los costos del servicio brindado por el profesional e impactaría en el valor que el paciente debe de cancelar. ¹

Dominar, por ende, las técnicas de impresión, conocer sus ventajas y desventajas es fundamental para que el odontólogo pueda ser capaz de ofrecer un tratamiento de alta calidad y eficacia.

Con los antecedentes mencionados, este estudio tiene como objetivo analizar la bibliografía con un alto nivel de fiabilidad, con el fin de generar una referencia basada en evidencia que contribuya al conocimiento de la comunidad odontológica.

Esta revisión busca ofrecer criterios objetivos que permitan determinar cuál técnica de toma de impresión digital o análoga resulta más apropiada según las características clínicas de cada caso.

1.2 Planteamiento del problema

La impresión dental análoga se define como un duplicado en negativo de una o varias estructuras anatómicas, obtenido mediante materiales de impresión que pueden presentar distintos niveles de fidelidad. En contraste, la impresión digital se realiza a partir de un escáner intraoral, el cual captura múltiples imágenes para generar una malla digital que representa un modelo positivo de la anatomía intraoral.²

Esta técnica permite obtener réplicas digitales de alta precisión de las estructuras bucales. En ambos casos, las copias positivas obtenidas se utilizan como registros fundamentales para la confección de prótesis dentales fijas. Sin embargo, las diferencias en exactitud, reproducibilidad y adaptabilidad entre ambas técnicas plantean la necesidad de analizar cuál ofrece un mejor desempeño clínico en la elaboración de prótesis fijas de múltiples unidades.²

Es indispensable mencionar que en las impresiones análogas se utilizan diversos materiales, algunos tienen naturaleza rígida, elásticas y otros termoplásticas. Los materiales rígidos tienen la capacidad de registrar estructuras con alta precisión, pero en su defecto se pueden fracturar fácilmente, los materiales termoplásticos no registran minuciosamente detalles debido a que presentan un alto índice de distorsión permanente, por otro lado, los materiales plásticos son los mayormente utilizados hoy en día dada su capacidad de retirarse de la cavidad oral y no sufrir daños permanentes.

El desarrollo de la ciencia odontológica ha evolucionado de la mano de la tecnología hasta llegar al uso de escáneres intraorales, cuyo principal objetivo es obtener mediante la precisión que poseen, la imagen tridimensional de piezas y de tejidos adyacentes con el fin de obtener una imagen lo más cercana a la realidad, y así generar una mejor exactitud a la hora del diagnóstico para que sea beneficio del paciente, minimizando molestias, tiempos y alteraciones del material. ³

Algunos estudios in vitro han evaluado la concordancia en términos de precisión y exactitud de las impresiones dentales obtenidas por escáneres digitales intraorales y extraorales, usando superposición de imágenes y han encontrado que las impresiones digitales extraorales son más exactas y precisas que las intraorales en casos de arco completo. Y dentro de las desventajas del escaneado extraoral se ha evidenciado que requiere mucho tiempo para la toma del escaneado, la luz puede producir desviaciones en estos reflejos, así que el clínico debe de tomar en cuenta que el escaneado debe de realizarse totalmente a oscuras³

En cuestión de logística inicialmente se debe de adquirir el duplicado en negativo o una imagen digital en positivo para realizar la prótesis dental fija, sin embargo, la prótesis dental fija cuenta con una serie de fases que es indispensable seguir para que el proceso sea impecable. Cada fase del proceso nos acerca a un mejor ajuste de la prótesis dental fija y mejor exactitud, indiferentemente de la técnica a utilizar de la impresión dental. ³

Si se decide tomar en cuenta las ventajas que poseen las impresiones dentales digitales sobre las impresiones análogas, se tienen las siguientes: Visualización y evaluación en tiempo real, imágenes fáciles de corregir, manipular o recapturar, captura de imágenes segmentadas, archivado digitalmente, por lo tanto, no es necesario almacenar modelos físicos, sin desperdicio de material de impresión y respetuoso con el medio ambiente, económico, considerando no uso de cubetas de impresión, adhesivos o yeso, no es necesario desinfectar antes de enviar la información al laboratorio, no hay daños ni desgaste de los modelos de yeso, rápida comunicación con el laboratorio a través de Internet y autoevaluación para preparaciones dentales. ⁴⁻⁵

Las impresiones digitales también presentan algunas desventajas como las que se mencionarán a continuación: costo inicial de los equipos y tarifas de mantenimiento del software, la curva de aprendizaje puede ser difícil para algunas personas, se necesitan cuerpos de escaneo para sistemas de implantes que sean compatibles con el software de diseño, difícil capturar información de oclusión para tratamientos protésicos complejos, sistemas cerrados, restringen las opciones para transferir archivos STL (lenguaje de teselación estándar).

No se pueden capturar los márgenes subgingivales si están oscurecidos con sangre, saliva o tejido, no se pueden capturar con precisión imágenes de los arcos edéntulos, se deben seguir los patrones de escaneo según las recomendaciones del fabricante.⁴⁻⁵

La pregunta que se pretende contestar es ¿Cuál es la exactitud de la impresión digital en comparación con la impresión análoga en la confección de prótesis fijas de múltiples unidades?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la exactitud de la impresión digital frente a la impresión análoga en la confección de prótesis fijas de múltiples unidades mediante una revisión narrativa de la literatura científica.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Comparar las diferencias en cuanto a exactitud en el modelo digital y el modelo análogo.
2. Describir las ventajas y desventajas de las impresiones digitales y análogas, en función a su impacto en la precisión de las prótesis fijas de múltiples unidades.
3. Contrastar los valores de desajuste de las prótesis fijas de múltiples unidades a partir de las impresiones digitales y de impresiones análogas.

1.4 Justificación

La rehabilitación oral presenta un apartado fundamental en la práctica odontológica hoy, principalmente se basa en estética, función, biología y mecánica, por eso es determinante conocer los principios y factores que pueden ser manipulados para obtener buenos resultados. La exactitud de una prótesis parcial fija está directamente asociada al momento de la toma de impresión. Por lo tanto, una investigación sobre la exactitud de las impresiones dentales análogas en comparación con las impresiones dentales digitales va a profundizar sobre cuál tiene mayor exactitud y es más efectiva, así los clínicos tienen la posibilidad de elegir a su conveniencia cuál les favorece más.⁶

Desde las primeras etapas del desarrollo odontológico, se ha requerido y utilizado técnicas de impresión análogas para registrar de manera tridimensional la cavidad oral de los pacientes, para obtener un posible tratamiento siempre y cuando este sea viable, sin embargo, los cambios de volumen de los materiales de impresión y la expansión de la piedra dental son sensibles a resultados erróneos.⁶

En la era digital de la odontología, la construcción de modelos a partir de métodos digitales por la técnica del CAD/ CAM, irrumpe como una alternativa viable a la técnica análoga que conlleva menos tiempo, poca probabilidad a fracturas, deformación y abrasión⁶

Con el avance de la tecnología aplicada a la odontología, a principios de 1980, se desarrolló el diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por ordenador (CAD-CAM, por sus siglas en inglés), que fue el primer sistema de la marca comercial Cerec® (Sirona). Gracias a esto se han obtenido resultados en la confección de restauraciones con diversos materiales. Los tres componentes principales de un sistema CAD-CAM son la unidad de adquisición de datos (escáner intraoral o extraoral), el software del programa y el dispositivo de fresado o impresión 3D.⁶

El flujo de trabajo digital, de este modo, inicia con el escaneo intraoral, promoviendo que la disponibilidad de diversos sistemas de escaneo aumente significativamente en los últimos años, funcionando según diferentes principios, incluida la triangulación activa, las imágenes cofocales paralelas y el muestreo de frente de onda activo.⁶

La exactitud de los métodos de impresión es indispensable para el ajuste interno y externo de las restauraciones fijas. La exactitud es la diferencia entre los valores cuantitativos obtenidos de la medición y de los valores espaciales reales del objeto medido, a su vez, comprende veracidad y precisión. La veracidad es qué tan cerca están los resultados de una medición de los valores reales del objeto medido; mientras que la precisión es la variabilidad de las mediciones repetidas del objeto medido ⁷. Cuanto mayor sea la precisión, más fiable será la medición y cuanto mayor es la veracidad, más se acerca la medición a las dimensiones reales del objeto.

Los métodos para comparar la precisión de las impresiones digitales y análogas son la medición lineal y la superposición 3D. En comparación con la medición lineal, la superposición 3D evalúa cientos de puntos de medición, que pueden reflejar la deformación de toda la arcada dental⁷⁻⁸

La precisión de un escaneo digital depende de la luz ambiental, el tamaño del cabezal del escáner, la tecnología de escaneo, si requiere polvo reflectante, el programa de software del escáner, el protocolo de escaneo, el espacio limitado en la apertura bucal, la longitud del tramo edéntulo, entre otros; por lo que, para evaluar el ajuste de las restauraciones cuando se utilizan sistemas de escáneres intraorales, se pueden utilizar enfoques indirectos bidimensionales o tridimensionales⁸

En la técnica análoga, cada fase, empezando con la técnica de impresión que se utilice, el vaciado en piedra dental, el montaje en articulador y el encerado debe ser realizada con la mayor exactitud posible para lograr un ajuste impecable.

Diversos factores como los cambios constantes de temperatura, el tiempo de manipulación del material elegido para la impresión, la humectabilidad del producto de impresión como de la piedra dental y la desinfección son constantes que pueden llegar a provocar una distorsión considerable en el material y esto puede afectar la exactitud.⁹

En cuanto al manejo de la impresión dental, se crea un manual con especificaciones indispensables para la toma de una impresión dental análoga que reconoce que cada material dental tiene sus especificaciones y forma de trabajo, pero se crea un protocolo universal que pretende estandarizar dicha toma, entre los elementos comunes destaca:¹⁰

La selección y las modificaciones de la cubeta, así como la cantidad de espacio libre entre la impresión y la cubeta, debe estar de acuerdo con el material elegido.

Deben tomarse todas las precauciones para asegurar la unión de la cubeta de impresión. Proporcionar retención mecánica, usar un adhesivo adecuado o ambos puede ser crucial para el asunto.¹⁰

Se debe tener cuidado de no atrapar aire en el material de impresión mientras se carga la cubeta. El alginato se debe rellenar firmemente con una espátula rígida.

Los materiales tipo masa deben amasarse bien, enrollarse y rellenarse en la bandeja con la presión de los dedos. Al cargar materiales de auto mezcla, la cubeta debe llenarse de un lado al otro y la punta de impresión siempre debe mantenerse en la pasta fluida. Puede ser útil humedecer las áreas socavadas y las superficies de los dientes con el material de impresión antes de insertar la cubeta.¹⁰

Debe mantenerse abierta la boca con un espejo de diagnóstico en un lado y la cubeta de impresión en el otro mientras se inserta la cubeta. Los labios deben estirarse para cubrir la cubeta de impresión. La bandeja debe colocarse con una leve presión de los dedos, dando tiempo al material para que fluya tixotrópicamente.¹⁰

La cubeta debe mantenerse quieta con los dedos en el área del premolar durante el endurecimiento del material ya que cualquier movimiento de la cubeta durante el endurecimiento dará como resultado una impresión defectuosa.¹⁰ La cubeta se debe tirar paralela al eje longitudinal de los dientes para una extracción fácil y segura. Un pequeño movimiento inicial liberará la adhesión de la impresión y los labios deben tirarse para permitir que el aire entre en la interfaz impresión-tejido. Una vez retirada, se debe comprobar la integridad del material de la cubeta, los detalles de la superficie y los bordes de la impresión.

Después de una correcta limpieza y desinfección, se debe verter un tipo de piedra adecuada. Si se toma una impresión de alginato, debe verterse inmediatamente.¹⁰

1.5 Antecedentes

1.5.1 Antecedentes históricos

Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U (2018)¹¹, estudio realizado en Finlandia, titulado “Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review” cuyo objetivo era comparar la precisión de las impresiones digitales e igualar los resultados con las impresiones análogas en cuanto a la fabricación de coronas y prótesis fija.

Se empleó una metodología cualitativa el cual realizó una búsqueda electrónica de publicaciones de 1987 a 2015 a partir de tres bases de datos: PubMed, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados y Web of Science. La estrategia de búsqueda combinaba vocabulario controlado y palabras de texto libre. Explica cómo la técnica de impresión digital es una buena alternativa y es aceptable frente a este tipo de restauraciones en específico, además, agregan que esta técnica de impresión es superior en cuanto a tiempo de trabajo.

Es un antecedente importante para la investigación porque está ligada directamente porque compara la precisión de las impresiones digitales e iguala los resultados con las impresiones análogas en cuanto a la fabricación de coronas y prótesis fija por lo que permite demostrar si hay una superioridad en cuanto a las dos técnicas en comparación

Chochlidakis et al (2016)¹², estudio realizado en Taiwán, titulado: “Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis” se propuso una revisión sistemática cuyo principal objetivo fue comparar el ajuste marginal e interno de las restauraciones dentales fijas fabricadas con técnicas digitales con aquellas fabricadas utilizando técnicas de impresión análoga y determinar el efecto de diferentes variables en la precisión del ajuste.

Se empleó una metodología cuantitativa con un diseño descriptivo. Se realizaron búsquedas electrónicas en las bases de datos Medline, Cochrane y EMBASE, que se enriquecieron con búsquedas manuales. Se identificaron estudios que evaluaban el ajuste de restauraciones dentales fijas fabricadas con técnicas de impresión digital y análogas.

Los datos agrupados se analizaron estadísticamente, se identificaron los factores que afectan la precisión del ajuste y se evaluó su impacto en los resultados. En cuanto a los resultados, se encontró que en las restauraciones fijas realizadas con la técnica de impresión digital obtuvieron un desajuste similar a las restauraciones fijas obtenidas con la técnica de impresión análoga, hubo discrepancias en todo su entorno y margen, dando como resultado una igualdad en cuanto a precisión de las dos técnicas en cuestión.

Es un antecedente crucial para la investigación porque está ligado directamente al objetivo de dicha revisión bibliográfica puesto que proporciona la relación de las diferentes tomas de impresión con el principal objetivo a analizar las restauraciones fijas y cómo estas técnicas tienen un impacto directo a la hora del resultado.

Güth J-F, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C (2015)¹³, un estudio realizado en Alemania, titulado “A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro” presenta un nuevo enfoque para evaluar la precisión de los métodos de impresión digital para escaneos de arco completo, evitando el desajuste.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa en la que se digitaliza directamente un modelo de mandíbula inferior con una barra metálica recta entre los segundos molares de ambos cuadrantes utilizando un escáner intraoral y otra digitalizada indirectamente después de la impresión y el molde de yeso. Este estudio in vitro muestra que los sistemas de escaneo intraoral parecen mostrar la misma o incluso mayor precisión que la impresión análoga con digitalización indirecta posterior.

Es importante para la investigación porque aporta como los escáneres intraorales han demostrado una excelente precisión para dientes individuales o de espacios reducidos, reafirmando que si existe una mejoría en cuanto a comparación de técnicas de impresión.

Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D (2016),¹⁴ estudio realizado en Brasil, titulado “Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review” se propuso determinar si las mediciones intra e interarcadas de modelos dentales digitales adquiridos mediante un escáner intraoral son tan confiables y válidas como las mediciones similares logradas a partir de modelos dentales obtenidos mediante impresiones intraorales análogas.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa en la que hubo estudios que se centraron en la precisión y confiabilidad de las imágenes obtenidas de escáneres intraorales en comparación con las imágenes obtenidas de impresiones análogas mediante una búsqueda electrónica sin restricciones en siete bases de datos hasta febrero de 2015. Concluyeron que las mediciones interarcada e intraarcada a partir de modelos digitales generados mediante escaneos intraorales resultaron ser fiables y precisas en comparación con las obtenidas mediante impresiones análogas

Este antecedente es crucial para la investigación actual porque proporciona la relación entre impresiones análogas e impresiones digitales y proporciona una base teórica para el objetivo a investigar.

Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW Jr, Deguchi T. (2018)¹⁵. Un estudio publicado en Estados Unidos, Ohio, titulado “Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction ” se propuso evaluar y comparar la satisfacción del paciente, el tiempo requerido entre dos escáneres intraorales y las impresiones análogas de alginato.

Se realizó mediante un método cuantitativo en el que se dio a conocer un estudio piloto inicial para crear una encuesta válida y confiable que midiera tres áreas de satisfacción del paciente con la experiencia de impresión.

Se desarrolló una encuesta con escala analógica visual y se administró a 180 pacientes de ortodoncia que recibieron uno de tres tipos de impresiones: Escaneo intraoral iTero Element, Escaneo intraoral en color TRIOS e impresión de alginato análoga y se registró el tiempo necesario para obtener las impresiones. Los datos indicaron que los sujetos que se sometieron a escaneos intraorales prefirieron las impresiones digitales, mientras que los sujetos que se sometieron a impresiones de alginato (análogas) mostraron una preferencia neutral respecto a las impresiones, y que la eficiencia varió según el método de impresión.

Es un antecedente de vital importancia porque proporciona la información de la satisfacción el paciente, la preferencia entre los diversos tipos de técnicas de impresión, así como también sus ventajas y se puede utilizar de guía a la hora de comparar ventajas y desventajas según cada técnica mencionada.

DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko C-C, Douglas WH (2003)¹⁶, estudio realizado en Estados Unidos, Minnesota, titulado “Accuracy of a System for Creating 3D Computer Models of Dental Arches” propuesto con el fin de medir la exactitud y precisión de un sistema para crear imágenes tridimensionales de arcadas dentales.

Se empleó una metodología cuantitativa donde se utilizaron materiales de impresión de vinil polisiloxano y yeso dental mejorado, se crearon 10 moldes de yeso de un estándar dental con dimensiones conocidas. Las impresiones y los moldes se escanearon con un escáner óptico y un software específico genera imágenes tridimensionales a partir de los datos escaneados. Dado como resultado que las diferencias medias entre los modelos digitales y los análogos fueron del mismo orden de magnitud que los errores intrínsecos de los estándares.

Este antecedente señala que no hay variación en la toma de impresión digital y análoga, muestra que la exactitud y precisión del sistema es indiferente a pesar de una técnica u otra.

Ender A, Attin T, Mehl A (2016)¹⁷, estudio realizado en Suiza, titulado “In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions” con el fin de realizar un estudio in vitro en el cual pudiera investigar la precisión de los métodos análogos y digitales para impresiones de arco completo.

Se empleó una metodología cuantitativa donde se obtuvieron impresiones de arcada completa utilizando cinco técnicas convencionales, vinilsiloxanoéter de escaneo digitalizado y siete digitales. Se tomaron tres impresiones en cada uno de los cinco participantes y las impresiones se compararon dentro y entre los grupos de prueba. Los métodos de impresión análogas y digitales difieren significativamente en la precisión de la arcada completa. Los sistemas de impresión digital presentaron mayores desviaciones locales dentro del modelo de la arcada completa; sin embargo, logran una precisión igual o superior a la de algunos materiales de impresión análogos.

El antecedente es importante porque mediante un estudio in vitro puede investigar la precisión de los métodos análogos y digitales para impresiones de arco completo, con el fin de obtener como resultado cual técnica presenta ciertas ventajas sobre la otra y esto permite comparar dichos beneficios.

1.5.2 Antecedentes internacionales

Onbasi Y, Abu-Hossin S, Paulig M, Berger L, Wichmann M, Matta R-E (2022)¹⁸, estudio realizado en Alemania, titulado “Trueness of full-arch dental models obtained by digital and conventional impression techniques: an in vivo study” cuyo objetivo fue comparar la veracidad de las impresiones de arcada completa y parcial obtenidas utilizando materiales de impresión análogos y escáneres intraorales in vivo.

Se empleó una metodología cuantitativa donde se tomaron impresiones tanto análogas como con escáneres intraorales, las impresiones digitales de la arcada completa arrojaron resultados adecuados y fiables en comparación con las impresiones análogas.

A pesar de haber utilizado materiales como el poliéter y el polivinilsiloxano, que se caracterizan por su gran precisión y detalle concluyen que las impresiones digitales son superiores en veracidad y confiabilidad en comparación con las impresiones análogas

Este antecedente es crucial porque establece como las características y ventajas de ciertas técnicas de impresión son superiores sobre otras técnicas en cuanto a veracidad y confiabilidad, más no precisamente en exactitud, no obstante, brinda información veraz en otros aspectos.

Kalantari et al (2023)¹⁹ en un estudio realizado en Irán, titulado “Clinical evaluation of marginal fit of uncemented CAD-CAM monolithic zirconia three-unit restorations in anterior areas, using scannable and conventional polyvinyl siloxane impression materials” se propuso determinar mediante la precisión de las técnicas de impresión el ajuste marginal de las prótesis fijas. Se empleó una metodología cuantitativa donde se seleccionaron diez pacientes para reemplazar los dientes laterales con un puente monolítico de zirconio de tres unidades. Para cada paciente del primer grupo, se tomó una impresión con una técnica de masilla-lavado de dos pasos utilizando material de polivinilsiloxano escaneable.

Los moldes resultantes se escanearon con láser SD. La discrepancia marginal se midió a través de las réplicas, que se cortan perpendicularmente en las direcciones bucolingual y mesiodistal.

La discrepancia marginal en un método análogo para pilar central en la zona mediobucal, mediolingual, mediomesial y mediodistal fue mayor que en el método escaneable, pero no fue significativa

Este antecedente es crucial para la investigación actual porque proporciona una base sólida sobre la precisión de las técnicas de impresión el ajuste marginal de las prótesis fijas permitiendo profundizar en la base teórica de la investigación.

Ohara A, González M, Preciado S, Iida A. (2024)²⁰, estudio realizado en México, titulado “Exactitud de modelos digitales con base en escáner intraoral comparados con modelos de yeso” cuyo objetivo era dar a conocer la comparación de dos métodos análogos de impresión (alginato y polivinilsiloxano) y el escaneado intraoral para determinar si existen discrepancias en tamaño.

Se utilizó una metodología cuantitativa la cual consistió en un estudio observacional, analítico, prospectivo y transversal donde se seleccionaron 15 pacientes (9 Masculinos, 6 Femeninos) de la Facultad de Odontología de la Universidad Tecnológica de México. Para cada paciente se realizaron tomas de modelos de estudio con tres diferentes métodos. Método 1: impresión con alginato, Método 2: impresión con polivinilsiloxano, Método 3: escaneo intraoral. El sistema de escaneo intraoral en conjunto con la tecnología de impresión 3D es un sistema confiable para poder reproducir las discrepancias transversales de las medidas de los maxilares dentales, sin embargo, dependiendo de su uso final deberán tomarse en cuenta otros factores como el tipo de tecnología de impresión 3D para su correcta aplicación clínica.

Es un antecedente de vital importancia porque da a conocer la comparación de dos métodos análogos de impresión y el escaneado intraoral para determinar las discrepancias en tamaño, permitiendo influir en el desarrollo de la investigación con bases lo suficientemente cercanas a lo investigado.

Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS (2020)²¹ un estudio realizado en Italia, titulado “Precisión de las impresiones digitales en prótesis fija: Una revisión sistemática de estudios clínicos” se propuso determinar la precisión de las impresiones digitales directas in vivo y compararla con la de las impresiones análogas para evaluar si los escáneres intraorales podrían ser una alternativa legítima para el clínico.

Se realizó una metodología cuantitativa donde se realizó una búsqueda sistemática electrónica en las bases de datos PubMed, Web of Science, Embase y Cochrane Library, utilizando términos como "impresión digital", "impresión digital intraoral", "escáner digital ". Los resultados fueron la veracidad y precisión de la comparación digital con las de las impresiones análogas de alta precisión in vivo.

Se utilizó este antecedente porque su aporte en determinar la precisión de las impresiones digitales directas in vivo y compararla con la de las impresiones análogas puede ser base en la investigación en relación a las propiedades.

Palomino-Granados RC, Loayza C, López J (2024)²², es un estudio realizado en Perú titulado “Impresiones digitales dentales con escáneres intraorales: una revisión de la literatura” con el fin de analizar la literatura sobre las diferentes características y propiedades que presentan los escáneres intraorales en la actualidad, así como la evidencia de los posibles beneficios y la precisión de las técnicas de impresión digital frente a las técnicas de impresión análogas.

Se utilizó una metodología cuantitativa donde se hizo una búsqueda en diversas páginas en las que se utilizaron palabras claves para el método de selección. Por lo que varios estudios in vitro han concluido que la impresión digital proporciona una mayor precisión para los valores de ajuste marginal que la técnica convencional porque se evita posibles deformaciones debido a las propiedades del material causados por la polimerización incompleta, sin embargo, no se deben excluir los diferentes factores, como la saliva, el líquido sulcular, la sangre y el movimiento del paciente, que podrían afectar la precisión de la impresión en condiciones in vivo que no existen en el método in vitro.

Se concluye como un antecedente útil porque presenta diferentes características y propiedades de los escáneres intraorales en la actualidad, evidenciando los posibles beneficios y precisión de las técnicas de impresión digital frente a las técnicas de impresión análogas

Kihara H et al (2020)²³, estudio realizado en Japón titulado “Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review” con el fin de evaluar la precisión y la practicidad de diversos escáneres intraorales, así como su método de verificación. Se realizó mediante la metodología cuantitativa que se basó en una revisión de artículos consultados en las bases de datos MEDLINE y PubMed. Las palabras clave principales empleadas durante la búsqueda fueron «Oral Scanner», «Intraoral Scanners», «Desktop Scanner» e «Digital Impression».

Se informó que la iluminancia y la temperatura de color afectaban la veracidad y precisión de los escáneres intraorales. La repetibilidad de los escáneres intraorales indicó la posibilidad de producir prótesis fijas en pacientes con un estado parcialmente edéntulo. Se considera difícil usar escáneres intraorales para fabricar prótesis fijas de arcada cruzada. Sin embargo, con escáneres intraorales, es posible fabricar protectores bucales y prótesis dentales equivalentes a los escáneres de escritorio. Los escáneres intraorales actuales se consideran más cómodos que las impresiones tradicionales que utilizan materiales de impresión hidrocoloides y elastoméricos irreversibles.

Es un antecedente crucial para la investigación actual porque proporciona una base sólida sobre la relación de la precisión y la practicidad de diversos escáneres intraorales, así como su método de verificación siendo de soporte para el objetivo planteado.

Siqueira R et al (2021)²⁴ estudio realizado en Alemania, titulado “Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review” se propuso evaluar si el escaneo intraoral puede reducir el tiempo de trabajo y mejorar las mediciones de resultados reportadas por el paciente en comparación con las técnicas de impresión análoga, considerando el tamaño del área escaneada.

Se utilizó una metodología cuantitativa donde se realizaron búsquedas bibliográficas electrónicas y manuales para recopilar evidencia sobre los resultados de los escáneres y las impresiones análogas durante el tratamiento de pacientes edéntulos parciales y totales para restauraciones dentosoportadas o implantosoportadas. Se realizó un análisis cualitativo para evaluar la eficiencia del tiempo y los tiempos de recuperación generados por las dos técnicas.

Es un antecedente importante porque la reducción de tiempo y propiedades beneficiosas del escáner intraoral son indispensables para tenerlas en cuenta para la base teórica del presente trabajo de investigación.

Pereira AL et al (2021)²⁵ estudio realizado en Brasil, titulado “Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review” su propósito fue determinar si los sistemas CAD-CAM asistido por computadora son precisos para la fabricación de estructuras removibles

Se realizó bajo una metodología cuantitativa en la cual se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline-PubMed, Scopus, Lilacs, Web of Science y Cochrane Library, utilizando palabras clave específicas para artículos publicados hasta noviembre de 2019. Tres revisores obtuvieron los datos y compararon los resultados. Los resultados muestran que la técnica digital para los marcos de las prótesis dentales removibles es precisa.

Este antecedente ayuda a poder determinar si estos sistemas son fiables y precisos para la fabricación de diversas estructuras, se utiliza como base comparativa en el objetivo principal del enfoque de la investigación.

Bandiaky On et al (2022)²⁶, estudio realizado en Francia titulado “Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis” con el propósito de determinar el impacto de la técnica de impresión (escaneos digitales versus impresiones análogas) en el tiempo clínico, la comodidad del paciente y el ajuste marginal de las prótesis soportadas por dientes.

Se utilizó una metodología cuantitativa en la que los autores realizaron una búsqueda bibliográfica basada en el marco “Población, Intervención, Comparación y Resultado” en tres bases de datos para identificar ensayos clínicos sin restricciones de idioma ni fecha. Un total de 16 estudios clínicos cumplieron los criterios de inclusión. Las técnicas de escaneo digital son comparables con las impresiones análogas en términos de tiempo clínico y ajuste marginal, pero son más cómodas para los pacientes que las técnicas de impresión análoga. Es un antecedente viable porque el impacto de la técnica de impresión escaneos digitales versus impresiones análogas en el tiempo clínico, la comodidad del paciente y el ajuste marginal de las prótesis es un aspecto importante para la base teórica del presente trabajo de investigación.

Ma Y, Guo Y-Q, Saleh MQ, Yu H (2024)²⁷, se realizó un estudio en Japón titulado “Influence of ambient light conditions on intraoral scanning: A systematic review” el cual tenía como objetivo evaluar sistemáticamente la influencia de la luz ambiental en la precisión y el tiempo de escaneo intraoral.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa en la cual se realizaron búsquedas electrónicas en PubMed, Web of Science y EMBASE, complementadas con literatura gris, referencias y citas de los estudios incluidos. El resultado principal fue la precisión, y el tiempo de escaneo fue un resultado secundario.

Es un antecedente importante porque permite evaluar la influencia de la luz ambiental en la precisión y el tiempo de escaneo intraoral, lo cual es un aporte importante puesto que menciona cualidades de los escáneres que pueden ser tomadas en cuenta para la presente investigación.

Lam WY-H, Mak KC-K, Maghami E, Molinero-Mourelle P (2021)²⁸, estudio realizado en China, titulado “Dental students’ preference and perception on intraoral scanning and impression making” con el fin de investigar la preferencia y percepción sobre el escaneo intraoral y la toma de impresiones entre los estudiantes de odontología.

Se realizó con una metodología cuantitativa en la que se invitó a los estudiantes de último año de odontología de las cohortes 2019 y 2020 a completar un cuestionario en línea a través de Google Forms. Se recogieron sus preferencias sobre las técnicas de escaneo/toma de impresiones intraorales y su percepción sobre estas técnicas, incluyendo la facilidad de identificación de defectos, la facilidad de control de infecciones, la necesidad de apoyo en la consulta, la facilidad para dominar la técnica como principiante, la eficiencia en sus manos y la facilidad de manejo del software del escáner. Si bien el escaneo intraoral tiene ventajas percibidas, muchos estudiantes aún prefieren tomar impresiones que les resulten más eficientes en este caso las análogas.

Se concluye que es un antecedente importante porque se investiga la preferencia y percepción sobre el escaneo intraoral y la toma de impresiones entre los estudiantes de odontología y aporta a la investigación como la preferencia de odontólogos está inclinada sobre las impresiones análogas.

Manisha J, Srivastava G, Das SS, Tabarak N, Choudhury GK (2023) ²⁹, estudio realizado en la India titulado “Accuracy of single-unit ceramic crown fabrication after digital versus conventional impressions: A systematic review and meta-analysis ” con el objetivo de revisar sistemáticamente estudios que comparan el ajuste marginal, axial y oclusal de coronas cerámicas unitarias fabricadas mediante impresiones digitales con las fabricadas mediante impresiones análogas.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa. Se buscaron estudios en las bases de datos en línea PubMed, Scopus y Cochrane que comparan la técnica de impresión digital con la técnica convencional para coronas cerámicas unitarias. Se extrajeron datos según el año de publicación, el tipo de estudio, el país, el número de pacientes, el sistema de impresión (escáner intraoral [IOS] o impresión análoga), el ajuste marginal, el ajuste axial y el ajuste oclusal. Se incluyeron diez estudios para un metaanálisis sobre la discrepancia en el ajuste marginal, el ajuste axial y el ajuste oclusal. Los resultados de los metaanálisis sugieren que no existe una diferencia significativa entre los sistemas de impresión (con una ligera preferencia por la impresión digital).

Es un antecedente crucial porque expone estudios de comparación de ajustes de las coronas cerámicas fabricadas mediante las técnicas por estudiar, es indispensable porque tienen la base de lo que da lugar a la investigación principal.

Hasanzade M, Aminikhah M, Afrashtehfar KI, Alikhasi M. (2021)³⁰, estudio realizado en Finlandia titulado “Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis ” con la finalidad de realizar una revisión sistemática y metaanálisis de estudios in vivo e in vitro y comparar la adaptación marginal e interna de coronas unitarias de cobertura completa y multiunitarias, resultantes de métodos de impresión y fabricación digitales y análogas.

Se realizó un análisis metodológico cuantitativo en el cual se utilizaron las bases de datos PubMed, Cochrane Trials, Scopus y Open Grey para identificar los artículos relevantes.

Con base en los métodos de impresión y fabricación de prótesis fijas, los grupos de cada estudio se clasificaron en cuatro grupos: impresión y fabricación convencionales (CC), impresión análoga y fabricación digital (CD), escaneo digital y fabricación convencional (CD), y escaneo digital y fabricación (DD). Dando como resultado que las técnicas de impresión y fabricación pueden afectar la precisión del ajuste de las restauraciones fijas de cobertura completa. Un flujo de trabajo completamente digital produjo restauraciones con una adaptación marginal comparable o mejor que la de otros métodos.

Es un antecedente que favorece a la investigación porque el realizar una revisión sistemática y metaanálisis de estudios in vivo e in vitro y comparar la adaptación marginal e interna de coronas unitarias de cobertura completa y multiunitarias, resultantes de métodos de impresión que se van a colocar de estudio en esta investigación.

Cicciù M et al (2020)³¹ se realizó un estudio en Italia, titulado “3D Digital Impression Systems Compared with Traditional Techniques in Dentistry: A Recent Data Systematic Review” con la finalidad de valorar todos los ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados relacionados con la técnica de impresión digital o dental en odontología protésica, con el objetivo de ofrecer a los lectores información global sobre las ventajas y desventajas de cada procedimiento.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa que consistía en la recopilación de datos se realizó en los principales buscadores científicos, incluyendo artículos de los últimos 10 años, para obtener resultados que no se refirieran a técnicas de impresión obsoletas. Se utilizaron fuentes como Elsevier, Pubmed y Embase para la investigación. Los resultados demostraron cómo el tiempo de trabajo parece mejorar con el flujo de trabajo digital, pero sin un resultado significativo.

Es un antecedente importante porque abarca temas como los ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados relacionados con la técnica de impresión digital o dental en odontología protésica, brindando bases para la investigación pertinente.

Róth I et la (2022) ³²estudio realizado en Hungría, titulado “Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria” con la finalidad de comparar diferentes escáneres basándose en parámetros objetivos y exhaustivos.

Se realizó mediante una metodología cuantitativa que consistía en examinar 12 escáner diferentes. Los escáneres se evaluaron de cuatro maneras diferentes: (a) cuadro resumen, (b) evaluación comparativa, (c) datos basados en mediciones in vitro y (d) mediciones de precisión. Se creó un sistema de puntuación para permitir una calificación objetiva de los escáneres. El sistema de puntuación refleja las diferencias entre los dispositivos según los parámetros objetivos evaluados y puede utilizarse para ayudar a los profesionales sanitarios a seleccionar el dispositivo adecuado. Las nuevas generaciones presentan características más específicas y una mayor precisión que las versiones anteriores.

Es un antecedente viable ya que muestra como los escáneres intraorales han evolucionado a favor del clínico, se muestran sus ventajas y desventajas, con el fin de que el odontólogo las conozca y con esta información puede elegir el que crea mejor para su beneficio.

1.5.3 Antecedentes nacionales

Se realizó una búsqueda exhaustiva de información nacional referente al tema, sin embargo, fue imposible encontrar una publicación al respecto que respaldara dicho tema elegido.

CAPÍTULO II-
MARCO TEÓRICO

Una impresión dental precisa es el primer paso en la fabricación de restauraciones directas e indirectas, los modelos diagnósticos y los modelos definitivos son una fase fundamental en el ámbito odontológico.

La tecnología de diseño asistido por computadora al igual que la fabricación asistida por computadora (CAM/ CAM) se ha ido posicionando en el área prostodóntica con el fin de digitalizar completamente el proceso de fabricación de restauraciones.

El progreso de la tecnología digital en odontología trascendió del campo de las restauraciones unitarias y su alcance se ha expandido hacia prácticamente todas las áreas clínicas gracias a los continuos procesos de integración tecnológica. En la actualidad, la digitalización del diagnóstico y tratamiento constituye una tendencia consolidada dentro de la prostodoncia, debido a los beneficios demostrados en la planificación, fabricación y ajuste de distintos tipos de rehabilitaciones.

La digitalización ha transformado profundamente la dinámica de comunicación entre los distintos operadores del equipo odontológico. La posibilidad de compartir modelos virtuales, escaneos 3D y simulaciones de tratamiento en tiempo real permite una colaboración más eficiente entre odontólogos y técnicos, dentales, favoreciendo la detección temprana de discrepancias y optimizando los tiempos de fabricación. De igual manera, el paciente obtiene una visualización clara del plan de tratamiento, lo que incrementa su comprensión del procedimiento, mejora la aceptación y facilita la toma de decisiones conjuntas.

2.1 Generalidades de las impresiones dentales análogas

En la historia de las impresiones dentales, los hidrocoloides irreversibles han sido uno de los primeros materiales de impresión que se introdujeron desde 1941, sin embargo, se han determinado ciertas desventajas en este material, la principal es la contracción causada por la pérdida de agua, lo que lleva a la imprecisión.

En 1953 se introdujo el polisulfuro como material de impresión junto con las siliconas de condensación, pero ambos muestran una contracción significativa durante un periodo de varias horas, principalmente debido a la evaporación de los subproductos que poseen de bajo peso molecular. A finales de la década de 1960, el poliéter se propuso como polímero alternativo debido a sus propiedades mecánicas mejoras y su baja contracción. En la década de 1970, el polivinilsiloxano apareció en el mercado y se hizo muy popular, esto debido en parte a su estabilidad dimensional.¹¹

El polivinilsiloxano es uno de los materiales de impresión más favorecidos y destacados en odontología gracias a sus excelentes propiedades y disponibilidad de diferentes viscosidades que van desde el material extra ligero hasta la masa como tal. Las impresiones hechas de este material se reproducen con gran detalle y se puede realizar el vaciado de la piedra dental varias veces debido a su alta resistencia al desgarró y alta recuperación elástica. Como precaución de este material es que debe de evitar el contacto con cualquier material que sea a base de látex como los diques o los guantes, que puedan dejar un compuesto de azufre el cual inhibe la polimerización del material.¹¹⁻¹²

Según lo expresan Ahlholm P et al¹¹, los materiales de impresión utilizados en las diversas fases de la fabricación de las prótesis pueden clasificarse como rígidos, termoplásticos o elásticos. Los materiales rígidos son aquellos que se endurecen con una consistencia rígida. Los materiales termoplásticos son aquellos que se vuelven plásticos cuando son sometidos a temperaturas muy altas y cuando se enfrían recuperan su forma original. Los materiales elásticos son aquellos que permanecen en un estado elástico o flexible después de haber sido polimerizados y retirados de la cavidad oral.

Es importante mencionar que, aunque los materiales de impresión rígidos pueden registrar con gran precisión los detalles de las piezas dentales y tejidos blandos, no se pueden retirar de la boca sin fracturar el material e intentar ensamblarlo nuevamente. Por su parte, los materiales de impresión termoplásticos no pueden registrar detalles tan minuciosos con precisión porque experimentan una distorsión permanente durante su extracción de la cavidad bucal.

Mientras que, los materiales de impresión elásticos son los únicos que pueden retirar de las socavaduras de las piezas dentales y tejidos sin una deformación permanente, por lo tanto, se usan generalmente para hacer impresiones para prótesis parciales removibles, prótesis dentales inmediatas, coronas y prótesis parciales fijas, teniendo en cuenta que hay superficies con detalles que deben de ser registrados con gran precisión.¹¹

Según Chochlidakis et al¹², indican que para la fabricación de una prótesis dental fija de una sola unidad o de varias unidades, se quiere un modelo preciso y este se puede llegar a lograr con técnicas de impresión digital o análoga. El ajuste interno y marginal son dos factores clínicos determinantes para evaluar la calidad de las restauraciones fijas. Los materiales de impresión análogos utilizados comúnmente para las impresiones definitivas son el poliéter y el polivinil siloxano. Estos materiales presentan una excelente estabilidad dimensional y precisión y se han utilizado con éxito en prostodoncia fija durante muchas décadas dando grandes resultados y comprobando por qué siguen utilizándose.¹²

Factores como la variación de temperatura, el tiempo transcurrido entre la toma de la impresión y el vaciado, la humectabilidad de la superficie del producto de yeso y los procedimientos de desinfección pueden provocar la distorsión del material y afectar la precisión de la restauración final. La aplicación del endurecedor y espaciadores de los muñones, así como los pasos que debe seguir el laboratorio para la fabricación de la prótesis, como el encerado, revestimiento, vaciado y/o prensado, pueden introducir errores dimensionales y afectar significativamente el ajuste final de la restauración definitiva.¹²

Durante la fase de la elaboración de una impresión análoga, el clínico tiene la posibilidad de identificar con detenimiento, cualquier signo de invasión del material en los márgenes gingivales o en zonas críticas para el diseño de la restauración. Con el propósito minimizar errores y mejorar la nitidez del registro, resulta aconsejable la implementación de la técnica de impresión de dos tiempos cuando se utilizan siliconas por adición.¹³

La eficacia de las siliconas de adición se relaciona de manera directa con su composición química y con las características del proceso de polimerización que experimentan. Este material está constituido principalmente por sílice como agente de alta carga. Este elemento otorga consistencia, estabilidad y resistencia mecánica al compuesto, mientras que su catalizador o activador es una sal de platino. La sal de platino es la sustancia responsable de iniciar la reacción química que permite el endurecimiento del material.¹³

A partir de este sistema se desencadena una reacción de polimerización iónica entre los grupos vinilo e hidrogeno presentes en la formulación del material, lo que conduce a una formación de una estructura tridimensional lo más estable posible, sin la producción de subproductos colaterales.¹³

Adicionalmente estas siliconas incorporan surfactantes en su formulación, los cuales incrementan de manera moderada su carácter hidrofílico, facilitando el contacto del material con las superficies ligeramente húmedas de la cavidad oral. Esto mejora la calidad del registro, puesto que reduce la aparición de burbujas o imperfecciones durante el proceso de vaciado del modelo con piedra dental, dando como resultado impresiones, más continuas y precisas.¹³

Si bien es cierto que el proceso de polimerización no genera subproductos que alteren la dimensión tridimensional de la impresión, sí existe una liberación residual de hidrógeno posterior al fraguado. Si el vaciado se realiza antes de que este gas haya sido completamente liberado, puede quedar atrapado en la piedra dental o en la superficie del modelo, generando así, poros, defectos, o burbujas que afectarían la integridad de la impresión final.¹³

Este protocolo clínico permite que el tiempo sea empleado para registrar los márgenes con un material de baja viscosidad, lo cual posibilita evaluar los bordes de la o las preparaciones estén correctamente definidos y libres de distorsiones. En el segundo tiempo, el material de mayor consistencia actuará como refuerzo estructural de la impresión, asegurando que los márgenes que previamente fueron delimitados, se mantengan precisos y estables.¹³

La técnica contribuye de manera significativa a obtener una reproducción fiel del área de trabajo, lo que impacta directamente en la exactitud del margen gingival de la restauración protésica final. ¹³

Se ha demostrado que siliconas de adición representan el material de impresión idóneo para la obtención de una impresión análoga definitiva en una prótesis fija, principalmente se debe a su poco cambio de distorsión, cuyo rango se encuentra entre 0,05 % y 0,16 %, no obstante, hay que tomar en cuenta, la marca, la manipulación y los aspectos ambientales. Este valor, es claramente inferior al registrado por otros materiales de impresión, por lo que demuestran que las siliconas de adición poseen una estabilidad dimensional altamente confiable, lo cual es una característica esencial para poder realizar impresiones dentales, donde la exactitud puede condicionar el éxito de la restauración final. ¹³

Si las siliconas llegaran a experimentar una mínima variación estructural, ya sea durante o después del proceso de polimerización, el proceso puede verse afectado, porque una vez que polimerice alterar su forma escasa imposible, por ende, se vería alterada la dimensión original de las estructuras dentales y tejidos blandos. ¹³

Una ventaja considerable es el tiempo de vaciado en piedra dental porque hay hallazgos que afirman que las siliconas de adición mantienen su estabilidad dimensional hasta una semana posterior a la toma de impresión, lo que otorga al operador mayor flexibilidad durante el proceso de trabajo sin comprometer la precisión final. ¹³

Se destaca que las siliconas de adición superan de forma considerable a las siliconas de condensación debido a que, a diferencias de las siliconas por adición, las de condensación generan subproductos colaterales durante la reacción de polimerización. La ausencia de estas sustancias evita que se produzca contracciones o expansiones indeseadas, las cuales podrían alterar la fidelidad del registro obtenido. ¹³

Las siliconas por adición completan su reacción sin desprender sustancias volátiles o impurezas, lo que aporta una ventaja importante en la calidad de la impresión final.

Su comportamiento mecánico, además, ofrece beneficios importantes como una elevada resistencia al desgarro, impide deformaciones o rupturas al momento de retirar la impresión de áreas retentivas o de márgenes subgingivales profundos.¹³

Las siliconas de adición presentan una excelente recuperación elástica, lo que evita en gran manera que el material se vea deformado tras su extracción de la cavidad. Esta cualidad favorece que los detalles finos, las líneas de terminación y surcos, se mantengan íntegros. Desde la perspectiva del paciente, las siliconas por adición son bien aceptadas debido a su olor y sabores agradables, lo que incrementa la comodidad durante el procedimiento.¹³

La condición importante de este tipo de silicona es que no presentan materiales no tóxicos, son carentes de reacciones irritativas y esto facilita la manipulación permitiendo que su uso sea eficiente y predecible incluso en contextos clínicos de alta demanda.¹³

2.2 Generalidades de las impresiones dentales digitales

En odontología, específicamente, se ha presentado un avance significativo en las últimas décadas debido a la incorporación de la tecnología digital que ha transformado de manera radical los métodos diagnósticos, de planificación y ejecución de los tratamientos clínicos. En la década de 1950 se desarrolló los primeros prospectos digitales, debido a la introducción de los sistemas CAD/ CAM (Diseño Asistido por Computadora y Manufactura Asistida por Computadora) cuando se produjo un cambio de paradigma en los procesos de trabajo odontológicos dando paso a la incorporación a la era tecnológica en este campo. Dicha tecnología no solamente ha revolucionado y optimizado el flujo de trabajo para el clínico, sino también ha permitido alcanzar niveles superiores de precisión, eficiencia, exactitud y personalización para la atención del paciente. En cuanto a la personalización en la atención al paciente, es fundamental porque brindar al paciente posibles y múltiples opciones de tratamientos para que pueda tomar la decisión que más le convenga, siempre guiado del clínico.¹⁵

El avance de la era digital ha posibilitado el flujo de trabajo para el clínico y con esto la implementación de enfoques terapéuticos innovadores al poder minimizar errores comunes y repetitivos asociados a las técnicas de impresión análogas, tales como las impresiones físicas y con esto la manipulación de materiales de modelado como lo es la piedra dental, en comparación al flujo digital que tiene la capacidad de integrar imágenes tridimensionales mediante un software especializado y sistemas de producción asistida por computadora. El poder integrar imágenes tridimensionales ha dado lugar a un ecosistema tecnológico altamente interconectado, dando lugar a que el clínico o quien lo necesite pueda acceder en el momento que así lo necesite, además, presenta una mejora en la calidad de los tratamientos, sin dejar de lado la reducción de tiempo del clínico.¹⁵

El flujo de trabajo digital se desglosa en tres fases principales: la fase de adquisición de datos (DAQ), la fase de diseño (CAD) y la fase de fabricación (CAM). Cada una de estas fases está sustentada en herramientas tecnológicas específicas y contribuye de manera integral al éxito del proceso clínico, no obstante, cada fase es indispensable para que el acabado sea el óptimo.¹⁵

La primera fase, conocida como fase de adquisición de datos, consiste en la captura precisa de la información tridimensional de las estructuras dentales y adyacentes del paciente. El proceso se lleva a cabo mediante los escáneres digitales que miden con exactitud los puntos de la superficie dental, generando así una representación topográfica detallada y lo más precisa al paciente. Esta información obtenida se almacena inicialmente en un formato propio para posteriormente convertirlo al formato estándar STL (Standard Tessellation Language).¹⁵⁻¹⁶

El archivo obtenido en formato estándar es el utilizado por excelencia en odontología debido a su compatibilidad con múltiples plataformas de diseño y fabricación, lo que permite que sea utilizado en sistemas que son independientes del software o hardware original en el que se generó la información, dándole así beneficios al clínico de poder acceder a la información en cualquier dispositivo y en cualquier lugar.¹⁶

La calidad del archivo digital dependerá de diversos factores como lo son el modelo tridimensional, la tecnología del escaneo utilizada, la resolución del sistema, la capacidad que tiene el software de procesar y los algoritmos utilizados para la reconstrucción de imágenes. Para poder evaluar el rendimiento de los escáneres se emplea el concepto de exactitud, entendido como la concordancia entre un valor medido y el valor real del objeto en medición.¹⁶⁻¹⁷

Dentro de la fase de adquisición de datos, las técnicas de escaneo pueden clasificarse en dos grandes grupos: escaneo intraoral y escaneo extraoral, cada uno con metodologías y aplicaciones específicas.¹⁶⁻¹⁷

El escaneo intraoral, se inicia con la proyección de un haz de luz sobre la superficie dental o los tejidos que se planea escanear, el escáner cuenta con receptores ubicados en la punta que permite captar la luz reflejada, la cual varía en función de la anatomía de la superficie del diente y las estructuras orales adyacentes. A través del software especializado se recoge la información y se traduce en coordenadas tridimensionales (x,y,z), lo que permite generar una interposición de imágenes digitales en forma de malla, esto a su vez cumple la función de un modelo tridimensional.¹⁷

Mediante el proceso de registro de unión de puntos e imágenes, es posible reconstruir una representación tridimensional completa de la cavidad oral. Sin embargo, ese procedimiento puede haberse afectado por errores acumulativos cuando se intenta escanear grandes áreas en un solo proceso continuo, por lo cual es recomendable hacerlo en segmentos para que la representación quede lo más exacta posible. Por ende, para superar esta limitación se han desarrollado técnicas de escaneo segmentados y posterior, la fusión de imágenes, lo cual consiste en dividir el arco dental en varias porciones y digitalmente, ser integradas, con el fin de obtener un modelo tridimensional de alta precisión.¹⁷

El escáner extraoral está ligado a dispositivos automatizados los cuales utilizan sistemas de cámaras avanzadas y específicas para dicha función, así como la tecnología óptica, con el fin de poder captar a detalle lo que se necesite. La técnica más utilizada en el contexto odontológico es la triangulación activa, que consiste en proyectar un haz de luz sobre el objeto a escanear para que, en función del ángulo de incidencia y del patrón de sombras el cual es generado, el sistema sea capaz de calcular la geometría del objeto con gran exactitud. Este método resulta útil en la digitalización de modelos físicos, prótesis y estructuras dentales ya fabricadas previamente, ofreciendo una gran versatilidad en la planificación y fabricación de restauraciones odontológicas personalizadas.¹⁷

En conjunto, la integración de tecnologías de escaneo intraoral y extraoral, junto con los sistemas CAD/CAM y las herramientas de diseño asistido por computadora, ha permitido que en el ámbito de la odontología se transite hacia un modelo de trabajo digitalizado, eficiente y altamente preciso.

La posibilidad de capturar información tridimensional del paciente, poder procesarla mediante un software especializado y fabricar restauraciones con altos estándares de calidad, representa un avance significativo respecto a los métodos en comparación como lo es el método convencional.¹⁶⁻¹⁷

A medida que la tecnología continúa evolucionando, es previsible que la digitalización en odontología amplíe aún más sus aplicaciones, incorporando técnicas de inteligencia artificial, análisis automatizado de datos y procesos de manufactura avanzados, consolidando así un paradigma orientado hacia la personalización y la excelencia en la atención odontológica.¹⁷⁻¹⁸

Durante el flujo de trabajo digital pueden llegar a producirse diversas fuentes de errores. Asociados al protocolo de digitalización. Si bien es cierto que hay diversos factores los que pueden ocasionar este tipo de errores ya sean por el paciente, clínico o el equipo, se deberían de conocer para poder solucionarlos. En el dispositivo de captura (cámara o escáner), en las condiciones ambientales, o en las etapas posteriores al procesamiento de los datos, son factores que influyen directamente en la calidad del archivo y eso está asociado a la precisión final de la restauración.¹⁷⁻¹⁸

El dispositivo de escaneo es responsable de transformar la geometría del objeto físico en información digital mediante la obtención de una nube de puntos. Este proceso depende únicamente del muestreo adecuado durante la etapa de exploración y adquisición de imágenes. Sin embargo, si existen limitaciones en el sistema óptico y la técnica empleada no es la adecuada, la nube de puntos no generará exactitud la superficie de lo que se planea, escanear.¹⁷⁻¹⁸

Es habitual que el escaneo produzca zonas superpuestas o una densidad excesiva de puntos, así como áreas de baja densidad, donde la información geométrica es insuficiente. La densidad de estos puntos radica en la cantidad de triángulos que componen la superficie tridimensional. Cuando esta densidad es baja se produce la pérdida del detalle en la representación digital, lo cual afecta directamente a la o las piezas a restaurar.¹⁷⁻¹⁸

En cuanto a las condiciones del entorno, durante la adquisición de los datos o de la impresión digital influyen significativamente en la precisión del escaneo y en el resultado final. Factores como la presencia de saliva, sangre o fluidos superficiales en la cavidad interfieren con la reflexión y la dispersión de la luz emitida por el escáner, generando defectos geométricos aleatorios en la reconstrucción tridimensional, que no son certeros.

La iluminación externa ya sea natural o artificial, puede alterar la captura de la imagen, alterando la captación de los haces de luz emitidos por el dispositivo ocasionando alteración en la lectura del sensor, por ende, alteraciones en la imagen final.¹⁷⁻¹⁸

En cuanto al protocolo clínico que se debe seguir para la adquisición de la impresión digital, este es sumamente sensible porque los errores generados en esa fase pueden ser alterados y dependen en gran medida de la habilidad, experiencia y consistencia que el operador tenga a la hora de realizar la toma de impresión digital.¹⁸

Una vez adquiridos todos esos datos en forma de puntos capturados por el escáner deben de integrarse para formar la nube de puntos. Durante esta fase pueden producirse errores derivados del procesamiento digital, como lo es el error de ajuste, que aparece al convertir los datos originales del escáner obtenidos a formatos estándar.¹⁸

Estos errores se originan, porque los algoritmos de reconstrucción aplican un proceso de interpolación, el cual consiste en generar una aproximación matemática entre los puntos obtenidos para completar las superficies digitales, a las cuales no se tuvo acceso. Cuando el escáner presenta una alta resolución, es decir, una alta densidad de puntos, el software puede reconstruir con mayor fidelidad la geometría real del objeto que se está escaneando, por el contrario, si el software presenta una baja resolución, dará una baja densidad de puntos implicando menos información disponible lo que nos ocasionará, distorsiones, dimensionales, curvaturas artificiales que no existen en la cavidad oral del paciente, discontinuidad o fracturas en la nube de puntos digitales y la pérdida del detalle anatómico, especialmente en márgenes y el punto más importante a la hora de la restauraciones.¹⁸

En la fase de diseño digital de una restauración también puede producir errores que sean sistemáticos o aleatorios, los cuales van a influir en la precisión del resultado final directamente. Las inconsistencias en el modelado de la anatomía dental, la interpretación del software al modificar los parámetros morfológicos y la pérdida o dispersión de la información durante el procesamiento de los datos digitales antes de fresarlos.¹⁸

La máquina fresadora también constituye una posible fuente de error porque muchas veces el calibre de las fresas no es el adecuado, el desgaste de las puntas, la vibración mecánica, y, en muchas ocasiones, la precisión del motor puede afectar directamente la exactitud dimensional de la restauración.¹⁸

2.3 Exactitud de las impresiones dentales análogas y digitales

En el campo de la odontología restauradora contemporánea, la precisión constituye un principio fundamental que determina en gran medida el éxito clínico y fundamental de cualquier tratamiento indirecto, no obstante, el éxito de estas restauraciones va ligado a cuán exacto sea el procedimiento previo a la restauración final. Se entiende por exactitud la capacidad del procedimiento de registro, ya sea análogo o digital, de reproducir fielmente las dimensiones, contornos y características anatómicas de la pieza dental que fue previamente preparada. La literatura científica ha demostrado de manera consistente que la exactitud del registro inicial es un factor decisivo que influye en la calidad final de la restauración, afectando parámetros esenciales como la adaptación marginal, la integridad estructural, la longevidad del tratamiento y la satisfacción estética del paciente.¹⁹

Ese principio es aplicable tanto a las técnicas tradicionales de impresión con materiales elastoméricos como a los métodos de escaneo digital más avanzados.

Independientemente del tipo que se elija, el objetivo consiste en obtener una réplica tridimensional exacta de la preparación dentaria, capaz de servir como base confiable para la confección de restauraciones indirectas, tales como coronas, incrustaciones, carillas o prótesis fijas.¹⁹⁻²⁰

La exactitud del registro no depende únicamente del material o del dispositivo empleado, sino también de qué tan ágil sea el operador para utilizar el escáner, la geometría del diente, preparado, las condiciones del entorno intraoral y la interacción entre todos estos factores. Cualquier cambio o deficiencia en alguna de estas variables puede traducirse en errores dimensionales acumulativos que van a comprometer el ajuste marginal, siendo afectada la exactitud de la restauración. Una mala adaptación, incluso en micras, puede favorecer la microfiltración, el acumulo de placa, la inflamación gingival y crear caries, afectando negativamente la durabilidad del tratamiento y fracasando a mediano plazo.²⁰

La exactitud del procedimiento no puede considerarse un aspecto aislado porque forma parte de un sistema integral en el que intervienen factores clínicos, técnicos y tecnológicos con el fin de garantizar un óptimo ajuste. Actualmente la odontología, ha incorporado tecnologías digitales avanzadas con el fin de reducir al mínimo los errores humanos y las distorsiones que puedan llegar a tener los métodos tradicionales. No obstante, los sistemas digitales de última generación actualmente se encuentran limitados por principios ópticos y físicos que tienden a condicionar la capacidad de captura y procesamiento de datos ²⁰⁻²¹

Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS, destacan que la precisión y exactitud de las impresiones análogas tuvieron mejores resultados que las impresiones digitales in vivo, destacando que la era digital aun presenta limitaciones significativas en la captura de la información precisa cuando el campo operatorio no es el ideal. ²¹

La exactitud de la impresión depende de un conjunto de condiciones clínicas y operatorias que deben de ser rigurosamente controladas para poder obtener los resultados esperados.

El factor fundamental y determinante es el aislamiento del campo en el cual se va a trabajar porque la presencia de contaminantes biológicos como lo son la saliva, la sangre y la humedad puede interferir con la capacidad de material o del escáner para reproducir los más mínimos detalles, como lo son el margen dental. ²¹

Granados R, Loayza C, López J, analizan que actualmente las impresiones digitales, en comparación con las impresiones análogas, muestran una excelente precisión y versatilidad y proporcionan un flujo de trabajo con mayor celeridad, por lo que se las considera aceptables para el uso clínico siempre y cuando el campo operatorio se encuentre completamente seco y libre de obstrucciones. A diferencia de los materiales de impresión análogas, que en cierta medida pueden desplazar fluidos o en casos, adaptarse a las irregularidades, los escáneres ópticos dependen de la reflexión de la luz sobre la superficie dental, por ende, las superficies deben de estar libres de obstrucciones. La presencia de humedad altera el comportamiento óptico, generando errores de lectura, patrones, sombras o zonas sin registro.²²

El control del campo operatorio es un requisito esencial para la obtención de una impresión digital de muy alta calidad, esto implica el uso correcto de técnicas de aislamiento ya sea absoluto o relativo, la retracción de los tejidos blandos de una manera adecuada, la correcta iluminación del campo de trabajo y un buen control del flujo salival.²²⁻²³

Las cámaras intraorales utilizadas solamente pueden registrar con exactitud aquellas superficies que son claramente visibles y libre de contaminantes que pueden entorpecer el resultado. Por lo tanto, la visibilidad del margen en una preparación para una restauración es un parámetro crítico, si el margen se encuentra subgingival o cubierto por el tejido blando, el escáner no podrá ser capaz de capturarlo adecuadamente y esto generará una reconstrucción incompleta del modelo tridimensional causando una alteración en la precisión y la exactitud de la restauración.

23-24

Desde el punto de vista tecnológico, las impresiones digitales permiten que el operador tenga una retroalimentación inmediata, para afinar detalles y corregir posibles errores. El software asociado al escáner intraoral ofrece una visualización en tiempo real de la preparación capturada, mostrando al operados las áreas de deficiencia o zonas no registradas, si se detectan errores o zonas incompletas, el operador puede volver a escanear únicamente las áreas afectadas sin necesidad de repetir toda la impresión. En la mayoría de los sistemas, la imagen puede ampliarse hasta veinte veces su tamaño, lo que posibilita una evaluación crítica y detallada mientras el paciente aún está en el sillón odontológico. Este nivel de eficiencia contrasta con los métodos convencionales, en los que cualquier defecto que se obtenga con la impresión, obliga a realizar nuevamente una toma completa, y con eso conlleva, un gasto de tiempo adicional y de material.²⁵⁻²⁶⁻²⁷

Las generaciones más recientes de escáneres intraorales integran algoritmos de inteligencia artificial y sistemas de alineación automática que permiten una captura más rápida, precisa y tolerante a condiciones adversas. Estos avances han ampliado las posibilidades clínicas del registro digital, incorporando la planificación de implantes, el diseño de guías quirúrgicas y la fabricación directa mediante impresoras 3D.²⁸⁻²⁹⁻³⁰

Las técnicas convencionales de impresión han sido durante décadas las elegidas por los odontólogos en cuanto a restauración. Su fundamento se basa en la utilización de materiales elastoméricos, como lo son las siliconas por adición o los poliéteres, que al colocarlos en la cubeta y asentarlos sobre la arcada donde se encuentran la pieza o piezas preparadas, reproducen contornos con alta precisión dimensional.³¹

Los materiales utilizados para las impresiones análogas requieren ciertas condiciones para funcionar de manera óptima, es necesario crear un adecuado espacio que permita la entrada y el flujo del material para que pueda abarcar todo el alrededor de la preparación. El espacio debe ser suficiente para que el material adquiera el grosor necesario y así pueda resistir las tensiones de desgarro que pueden llegar a producirse durante la remoción de la impresión análoga. Además, es indispensable contar con un espacio cervical, aproximadamente de 1 mm desde el margen de la preparación, para permitir que el material capture con claridad la línea de terminación.³¹

Para lograr las técnicas de retracción gingival, se pueden incluir el uso de hilos retractores impregnados con agente hemostáticos, pastas de retracción o incluso en algunos casos los láseres de tejidos blandos, con el fin de desplazar los tejidos blandos laterales y verticales, de modo que el margen de la preparación quede totalmente expuesto al flujo del material de impresión para que se logre captar de manera exacta y precisa el margen gingival de la preparación.³¹⁻³²

A pesar de la precisión y exactitud que ofrecen estos materiales, las impresiones análogas presentan ciertas limitaciones, la manipulación de los materiales requieren cierta destreza en la manipulación, el error en los tiempos de fraguados, en la mezcla o en la colocación de la cubeta puede generar distorsiones y afectar la exactitud. Los materiales elastoméricos son sensibles a la temperatura y la humedad ambiental lo cual son factores que pueden alterar su estabilidad dimensional antes del vaciado en piedra dental.³¹

A diferencia de los materiales convencionales, la precisión y exactitud de las impresiones digitales no dependen de la viscosidad ni del fraguado como lo son los materiales físicos, sino de la adquisición óptica de datos mediante el haz de luz. Esto elimina por completo los errores relacionados con la expansión o contracción del material ya sea durante se toma la impresión o a la hora del vaciado.³²

Según Róth I et al.³², ha demostrado que las impresiones digitales ofrecen una precisión marginal comparable o superior a la obtenida con materiales elastoméricos especialmente en preparación con terminaciones supragingivales o ligeramente yuxtagingivales.

Las impresiones análogas siguen siendo una opción válida en situaciones clínicas específicas, especialmente cuando el margen de la preparación se encuentra subgingival o en condiciones de humedad y visibilidad, impidiendo el acceso al escaneo. En estos casos el material de impresión si puede fluir más abajo del margen gingival, reproduciendo con gran exactitud los detalles que la óptica digital no logra captar por todos estos defectos.³³

En cuanto a la exactitud, se concluye que la diferencia entre ambos es mínima y clínicamente insignificante, siempre que se cumplan los requisitos técnicos de cada una de las técnicas. Sin embargo, las impresiones digitales ofrecen ventajas adicionales en términos de control de calidad, eficiencia operativa y sostenibilidad, al eliminar la necesidad de utilizar piedra dental y modelos físicos que puedan fracturarse.³³

2.4 Ventajas y desventajas de las impresiones dentales

La digitalización aplicada de forma estratégica, permite no solamente agilizar la rehabilitación oral, sino también incrementar la precisión, la predictibilidad y reproducir las restauraciones dentales. Sin embargo, la adopción de tecnologías informatizadas solo resulta justificable cuando estas logran superar, o igualar los estándares clínicos y físicos demostrados por las restauraciones convencionales.²⁹

Los sistemas CAD/CAM han adquirido un papel importante en la odontología moderna. Su aplicación a permitido transformar la manera en la que se diseñan, fabrica y ajustan las restauraciones dentales, ofreciendo ventajas significativas como la reducción de los tiempos clínicos y de los laboratorios, la posibilidad de estandarizar los procedimientos y un control más riguroso sobre la calidad final del producto.

Estos sistemas, además, facilitan creación de restauraciones cerámicas altamente estéticas y biomecánicamente estables lo que favorece al ámbito restaurativo.²⁹

Una de las principales ventajas en las que el flujo digital ha contribuido es en la posibilidad de obtener una reproducción tridimensional inmediata mediante los escáneres orales. Esa captura óptica elimina la dependencia de materiales de impresión análoga, siempre y cuando el flujo digital cumpla con los requerimientos clínicos mínimos.²⁹

Múltiples ventajas que ofrece esta tecnología, su incrementación no está exenta de limitaciones, como lo es el alto, costo económico inicial. Adquirir el escáner intraoral, una unidad de fresado, un software especializado y los materiales específicos, representan para el profesional una inversión considerable.

Esta barrera económica puede presentar dificultades en su integración en clínicas pequeñas o en entornos con recursos limitados.²⁹

Además del costo, la incorporación de estas tecnologías exige un proceso de aprendizaje significativo, el profesional debe dominar no solo el manejo técnico del sistema, sino también comprender los principios del diseño digital, las propiedades de los materiales, las indicaciones clínicas junto con las limitaciones y el protocolo específico de cada flujo de trabajo.²⁹

En cuanto a las ventajas de las impresiones digitales se pueden observar:³⁰⁻³¹⁻³²

1. La visualización y evaluación en tiempo real.
2. Imágenes fáciles de corregir, manipular o recapturar.
3. Captura las imágenes segmentadas y posteriormente unir las
4. Archivado digitalmente, por lo tanto, no es necesario almacenar modelos físicos.
5. Elimina el desperdicio de material de impresión, por lo tanto, es respetuoso con el medio ambiente.

6. Económico, considerando que no se utilizan las cubetas de impresión, adhesivos o piedra dental.
7. No es necesario desinfectar antes de enviar la información al laboratorio.
8. No hay daños ni desgaste de los modelos de piedra dental.
9. Rápida comunicación con el laboratorio a través de Internet para la entrega del escaneo
10. Autoevaluación para preparaciones dentales y corrección inmediata.
11. Capacidades de transferencia de archivos para fusionar con otros archivos
12. Mayor satisfacción del paciente.
13. Algunos sistemas tienen capacidades de escaneo en color, selección de tonos y toma de imágenes fijas.
14. Procedimientos más rápidos y limpios
15. Elimina el espacio para almacenar modelos físicos
16. Menos dolor e incomodidad para el paciente
17. Eliminación de errores dimensionales que están asociados al fraguado de la piedra dental
18. La posibilidad de almacenamiento indefinido de los archivos digitales
19. Un proceso más predecible
20. Requiere solamente retracción lateral de los tejidos, ya que el escáner necesita solo visibilidad del margen para registrar su geometría
21. Evita la sensación de un cuerpo extraño en la cavidad bucal y el riesgo de náuseas

También en las impresiones digitales se necesitan una desventaja, las cuales se mencionan a continuación:³⁰⁻³¹⁻³²

1. El costo inicial de los equipos y las tarifas de mantenimiento son elevados
2. Se deben de seguir los patrones de escaneo dado por el fabricante sino el proceso software puede presentar errores.
3. Complicaciones a la hora de capturar información de oclusión para tratamientos protésicos largos y complejos
4. No se pueden captar imágenes de los arcos edéntulos con gran precisión
5. La curva de aprendizaje puede ser difícil para el operador
6. No captura márgenes subgingivales si estos presentan sangre, saliva o algún tejido obstruyendo.
7. Se necesitan aditamentos de escaneo para sistemas de implantes que sean compatibles con el software de diseño
8. Se necesita adquirir una galería de piezas dentales que sean compatibles con el software
9. Los sistemas cerrados restringen las opciones de transferir archivos

2.5 Tipos de escáneres digitales

Los términos utilizados comúnmente como tecnología digital, odontología computarizada y odontología digital se emplean para describir la aplicación clínica de los sistemas de diseño asistido directamente por computadora (Computer Aided Design – CAD) y por el mecanismo asistido por computadora (Computer Aided Manufacturing- CAM). Estos sistemas conforman una cadena de producción digital que permite el diseño, la fabricación y la colocación de las restauraciones dentales con alta exactitud a partir de modelos tridimensionales obtenidos de manera digital.²⁸

El sistema CAD/ CAM se basa en el flujo de trabajo digital que reemplaza por completo los métodos tradicionales de impresión, modelado y fabricación manual por procesos controlados por un software y equipos automatizados. La aplicación de esta tecnología en odontología restauradora ha revolucionado la manera de producir y entregar restauraciones permanentes, tanto en piezas naturales como en implantes, ofreciendo así la posibilidad de realizar rehabilitaciones cerámicas altamente estéticas en una sola cita. La capacidad de combinar la precisión tecnológica con la rapidez clínica a la hora de obtener una impresión ha convertido al CAD/ CAM en una herramienta esencial en la práctica odontológica.²⁸⁻³¹

Los primeros desarrollos en los sistemas CAD/CAM fue inducido por Mörmann y Brandestini con el sistema CEREC® en la década de 1980, marcando el inicio de la digitalización odontológica, aunque con limitaciones técnicas importantes. En la actualidad, los avances en escáneres intraorales, los algoritmos de diseño y fresadoras de alta precisión han permitido que los procedimientos CAD/CAM se integren de manera rutinaria en las clínicas dentales y laboratorios dentales, garantizando resultados consistentes, rápidos y de alta calidad.³¹

El proceso comprende de tres secuencias, escaneo, diseño y fabricación, las cuales proporcionan la base conceptual para dar origen a la fabricación de restauraciones, además este proceso permite clasificar distintos sistemas CAD/CAM disponibles en el mercado para realizar una integración. Algunos de estos sistemas son completamente autónomos y permiten realizar desde el sitio que el técnico decida, mientras que otros sistemas dependen por completo de realizar el trabajo en conjunto con laboratorios en específico. Adicionalmente, el archivo digital puede almacenarse indefinidamente, duplicarse sin pérdida de calidad o enviarse de forma instantánea al laboratorio o al centro de fresado en cualquier parte del mundo.³²⁻³³

En cuanto a materiales, el desarrollo de las cerámicas y compuestos compatibles con el fresado digital ha evolucionado y ha combinado el control computarizado del proceso de manufactura para garantizar restauraciones con un gran ajuste marginal óptimo, alta resistencia a la fractura y alta estética. Las cerámicas de disilicato de litio, zirconia policristalina y los híbridos cerámico-resinosos que presentan propiedades mecánicas y estéticas que igualan o superan las propiedades de los materiales convencionales.³²⁻³³

La evolución de los softwares de diseño ha permitido integrar disciplinas como lo es la implantología y la ortodoncia digital, permite planear tratamientos quirúrgicos guiados, diseñar férulas o guías implantológicas con precisión milimétrica.³²⁻³³

Richert R, et al.³⁴ muestran evidencia científica en las que las restauraciones fabricadas mediante los sistemas CAD/CAM presentan niveles de precisión y longevidad comparables, e incluso superiores, a las fabricadas mediante técnicas tradicionales. El estudio presenta reportes de márgenes de error promedio inferiores a 50 micrómetros, valores considerados clínicamente aceptables, en algunos casos, indetectables al ojo humano. De igual manera, el control digital del diseño oclusal y proximal reduce significativamente la necesidad de realizar ajustes posteriores lo que optimiza el tiempo operatorio y minimiza la pérdida de material restaurador.³⁴

Richert R, et al.³⁴ menciona también que los escáneres tridimensionales pueden llegar a clasificarse en dos grupos: escáneres de contacto y escáneres de no contacto. Los escáneres de contacto se caracterizan por tener una sonda que recorre la superficie del objeto que se planea registrar, mediante coordenadas espaciales, generando un modelo tridimensional mediante la recopilación de puntos por puntos. Esta técnica requiere precisión mecánica del operador y un control minucioso del desplazamiento, porque si hay contacto físico con el objeto puede alterar o dañar la superficie y alterar la imagen. Sin embargo, esta técnica fue sustituida por la tecnología óptica, la cual es mucho más eficiente, segura y registra menores tiempos.³⁴

Los escáneres de no contacto representan lo que se conoce en la actualidad, estos dispositivos registran por sí solos la forma del objeto sin necesidad de tener un contacto físico, empleando diferentes tipos de radiación como luz visible, el láser o los rayos X. Estos escáneres de no contacto, se subdividen en dos categorías: los pasivos y los activos. Los escáneres activos se basan en principalmente en la fotogrametría y la triangulación, la luz se proyecta sobre la superficie y se deforma en función de la topografía del objeto a escanear, mientras que un conjunto de sensores ópticos registra las variaciones del patrón reflejado, todo esto mediante algoritmos matemáticos. El software se encarga de reconstruir tridimensionalmente la forma de las superficies que se escaneó y cada punto registrado se traduce en coordenadas específicas (X, Y, Z), generado así un mapa que conlleva a la base del modelo tridimensional. Cuando se obtienen estos miles de puntos en la captura en tiempo real, se puede corregir y redireccionar, permitiendo así una representación digital de alta resolución.³⁴

Los escáneres pasivos presentan ciertas deficiencias las cuáles los hace poco adecuados para las aplicaciones clínicas odontológicas, depende totalmente de luz ambiental y no emiten ningún tipo de radiación, su exactitud y precisión dependen de las condiciones externas de iluminación, por esta razón no son adecuados para las aplicaciones clínicas.³⁴

Los escáneres de no contacto se enfocan principalmente en dos tecnologías: los escáneres de láser y los escáneres de luz estructurada.

Los escáneres de láser se basan en utilizar un haz que se proyecta sobre la superficie del objeto a escanear, posee propiedades intrínsecas como la coherencia, la colimación, la posibilidad de controlar la duración de los impulsos, además que ofrecen una elevada precisión en la medición. No obstante, poseen desventajas operativas, como la necesidad de desplazar el proyector mediante motores complejos para cubrir toda la superficie del objeto, lo cual evidentemente, aumenta los costos de mantenimiento y tiempos de escaneo.³⁴⁻³⁵

Los escáneres de luz estructurada han sido la alternativa utilizada y preferida en la era moderna de odontología, estos escáneres utilizan diodos en forma de emisores de luz led los cuales proyectan patrones luminosos codificados en forma de líneas, franjas o rejillas, sobre la superficie que se está escaneando. El patrón de escaneo que se proyecta suele deformarse al entrar en contacto con la forma del objeto, y las cámaras y sensores capturan las variaciones del patrón en diferentes ángulos. Conforme los algoritmos de triangulación, el software tiene la capacidad de reconstruir la forma tridimensional del objeto que se está escaneando, generando así un modelo digital con gran exactitud. El uso de esta luz que se proyecta, ofrece ventajas considerables, como los son la rapidez de la captura, la alta resolución, menor interferencia a la hora del movimiento y los costos operativos tienden a reducirse, sin dejar de lado que al utilizar este tipo de escáneres a pesar que utilizan fuentes de luz, estas son seguras y no invasivas, lo que los hace ideales para el entorno clínico y manejo en cavidades orales.

34-35

Según Özsürmeli H ³⁶ señala que en el área de la odontología moderna, los escáneres extraorales tienden a ofrecer una mayor precisión en comparación con los escáneres intraorales, debido a que estos utilizan unos sistemas de luz estructurada mucho más potentes y no ven limitados por las condiciones orales que se pueden llegar a presentar, ya sean, los movimientos del paciente, la presencia de saliva o la falta de espacio por los tejidos blandos, los escáneres extraorales son utilizados en los laboratorios dentales para poder digitalizar modelos, estructuras metálicas, diferentes tipos de prótesis, además, de fabricar coronas, puentes e implantes mediante la tecnología CAD/CAM. ³⁶

Los escáneres intraorales, están diseñados para capturar directamente la anatomía del paciente y han evolucionado con el paso del tiempo para tener mejor exactitud y precisión. Los primeros modelos de escáneres, presentan limitaciones significativas en cuanto a la velocidad de captura y resolución una vez digitalizados, pero los avances en los sensores ópticos y en los algoritmos de alineación han permitido alcanzar niveles de exactitud comparables con los escáneres extraorales. Los escáneres modernos como Cerec® primescan o iTero Element, permiten al clínico poder adquirir la digitalización completa de la cavidad oral en cuestión de minuto, generando así, modelos tridimensionales que pueden ser inmediatamente integrados en el flujo digital, favorece una mejora en la comunicación entre el clínico y el laboratorio dental, para que el flujo de fabricación sea en el menor tiempo posible, sin dejar de lado que al acortar los tiempos de procesado, aumenta considerablemente la satisfacción del paciente y aumenta aún más al no tener que someterse a incómodos procedimientos como lo son la toma de impresión análoga.³⁶

La operabilidad que poseen diferentes tipos de sistemas digitales constituye los pilares de la odontología moderna, conocida hoy como la odontología digital integrada, esto permite un trabajo más eficiente, predecible y reproducible, permite reducir los errores humanos y mejora la calidad de los resultados finales. Los escáneres tridimensionales también cumplen un rol fundamental, estos tienen la capacidad de registrar datos morfométricos precisos y los convierten en herramientas para el estudio del crecimiento craneofacial, análisis del desgaste dental, evaluación de los materiales restauradores y continuidad de los tratamientos ortodónticos. La posibilidad de comparar modelos digitales distintos en diversos momentos del tiempo facilita al clínico un análisis longitudinal de los cambios anatómicos, proporcionando evidencia científica más robusta y actualizada.³⁷

La precisión y exactitud de un escáner tridimensional depende de varios factores técnicos y operativos, entre los principales se encuentran la calidad que debe de poseer el sensor óptico, la longitud de onda de la luz utilizada, la resolución de sistema de captura, las condiciones de iluminación ambiental y los algoritmos de reconstrucción utilizados por el software.

La superficie del objeto influye directamente en la calidad de la digitalización, superficies reflectantes translúcidas o húmedas pueden generar distorsiones en la captura y por esta razón los protocolos clínicos incluyen estrategias como el secado de la zona o la aplicación de polvos que ayudan a opacar.³⁷

Cada escáner intraoral presenta un sistema específico de transferencia de los datos de las impresiones digitales, se pueden clasificar como sistemas abiertos y sistemas cerrados.³⁷

Los sistemas abiertos presentan la posibilidad en la que el software del escáner intraoral permite que la impresión digital se envíe directamente al laboratorio dental mediante una exportación de archivos, que puede ser en un formato específico de transmisión de datos estándar para la confección de elementos en 3D, conocido como STL, por sus siglas en inglés (Standard Tessellation Language o standard Triangle Language). Este formato de archivo cuenta con un procesador rápido, simple y pequeño, sin embargo, no cuenta con representaciones gráficas de color o textura, lo que imposibilita al técnico poder establecer desde el mismo escáner el color que desea para el paciente.³⁷

Los sistemas cerrados cuentan con un sistema en el cual envían directamente las impresiones digitales a la empresa específica del fabricante mediante un pago tipo suscripción. Permitiendo que el fabricante sea el responsable de la configuración, recolección y manipulación de datos dando como resultado seguridad, precisión y un servidor que recibe la información proporcionada por el escáner.³⁷

El sistema de escáner intraoral *CEREC*[®] desarrollado por el Dr. W. Mormann en la Universidad de Zurich en 1980, que sus siglas en inglés significan (*Chairside Economical Restoration Esthetic Ceramics*), es el método más utilizado actualmente, ofrece la ventaja de realizar impresiones digitales e inmediatamente crear las restauraciones por medio del ordenador en el consultorio dental, siempre y cuando el equipo para fabricarlas se encuentre ahí mismo.³⁷

El sistema fue el primero en incursionar en el mercado en 1987 como el primer escáner intraoral junto con el sistema CAD/CAM, se diseña con el concepto de “triangulación de la luz”, en la que tres haces de luz lineales se interceptan entre sí y se centran en un punto 3D en específico.³⁷

El sistema *Cerec*[®] de cuarta generación conocido como *Cerec*[®] *AC Bluecam*, actualmente se ha perfeccionado con el paso del tiempo, permitiendo así la captura de imágenes utilizando un sistema Led, posibilitando escanear en un minuto un cuadrante, mientras que con la antagonista el proceso demora solo unos cuantos segundos. Una de las desventajas de este sistema es el uso obligatorio de polvo de dióxido de aluminio ya que estas partículas evitan la dispersión de la luz, sin embargo, aumenta la precisión de las imágenes y ayudan a que el escaneo sea más eficaz y presente menos errores.³⁷

El nuevo sistema *Cerec*[®] utiliza la técnica de imagen continua, donde genera inmediatamente un modelo 3D, posee un software el cual detecta el movimiento y asegura que las imágenes sean capturadas sólo cuando la cámara se encuentre estable. El flujo del escáner puede ser interrumpido e iniciado cuando el clínico así lo decida, además, un aspecto importante a tomar en consideración es que no requiere el uso obligatorio del polvo de dióxido de aluminio. Una vez el clínico haya terminado el escaneo puede observar desde su monitor el modelo virtual, dándole la oportunidad de mejorar su preparación para la restauración o su escaneo final.³⁷

En el año 2007, la empresa *Caded* introduce al mercado un sistema innovador de escaneo digital que combina tecnología de fibra óptica y láser para la obtención de impresiones en tiempo real, prescindiendo del uso de medios de contraste para su nitidez y precisión. Este avance representó un cambio significativo en la práctica clínica ya que permite optimizar un flujo de trabajo en conjunto con el laboratorio, posibilitando así la integración de distintos tipos de materiales como lo son las cerámicas, el zirconio y los metales, dando como resultados restauraciones con altos niveles de precisión y exactitud.³⁷

Este sistema se caracteriza por un diseño compacto y funcional, constituido por un carro único que integra un compresor de aire, el cual cumple la doble función de refrigerar el equipo y evitar que los lentes se empañen durante el proceso de escaneo. Una de las incorporaciones más destacadas es una guía de colores que permite al operador orientarse mientras captura las imágenes, indicando si el espacio interoclusal disponible es suficiente para el tipo de restauración planificada.³⁷

La tecnología base que utiliza este sistema es el principio de cofocalidad paralela, permitiendo capturar con gran veracidad las superficies dentales y los tejidos blandos, independientemente de los materiales presentes en la cavidad oral. El proceso de digitalización está asistido por instrucciones de voz generadas por el sistema con el fin de orientar al clínico en cada etapa y facilitándole así la captura de datos. Para un escaneo completo de una arcada puede demorar de 4 a 5 minutos, dependiendo de la curva de aprendizaje del operador, tomando en cuenta que incluye cinco trayectorias de exploración las cuales son las superficies oclusales, linguales, vestibulares o bucales y los contactos interproximales de las piezas adyacentes. Este proceso demora entre 20 y 25 segundos por pieza, dependiendo de la destreza del operador, no obstante, el tiempo es menor en comparación con una impresión análoga.³⁷

Una vez finalizada la captura de imágenes y el clínico se encuentre a gusto con el resultado, el sistema transmite los archivos digitales al servidor de *Cadet* por medio de un sistema cerrado, para que este sea procesado y posteriormente se diseñe la restauración.³⁷

El sistema de escaneo digital desarrollado por la empresa *3M ESPE* representa uno de los avances más significativos en la digitalización de procedimientos odontológicos. Este dispositivo fue diseñado exclusivamente para la toma de impresiones digitales directas en el consultorio dental, con el fin de sustituir la técnica de impresión análoga. Cuenta con una estructura compacta y una tecnología de alto rendimiento que permite al clínico realizar una captura de registros de alta precisión, optimizando tanto el tiempo del operador, el tiempo del paciente en silla, una alta calidad en el diagnóstico y una buena planificación.³⁷

Este sistema cuenta con un procesador de alta velocidad que posibilita la captura y el procesamiento inmediato de imágenes tridimensionales. La información obtenida se integra a un software especializado que construye el modelo tridimensional en tiempo real, reproduciendo así, la morfología dental y gingival del paciente con gran exactitud. Este sistema opera bajo el sistema de muestreo activo de frente de onda, el cual consiste en una combinación de captura de videos tridimensionales en movimiento con algoritmos de reconstrucción óptica que generan un flujo de imágenes tridimensionales continuas y precisas del campo escaneado.³⁷

El escáner se distingue por su capacidad de registro rápido y simultáneo porque permite la captura de hasta 20 imágenes tridimensionales por segundo, aproximadamente 2.400 imágenes por arcada dental completa. Al presentar este volumen de imágenes de gran resolución extremadamente detallada y fiel a los tejidos presentes, cuenta con tres cámaras sincronizadas que realizan la captura de imágenes desde diferentes ángulos geométricos, esto para una mejor optimización de la exactitud espacial y reduciendo errores derivados de sombras presentes o zonas de difícil acceso.³⁷

Entre las principales ventajas clínicas de este dispositivo se encuentran la precisión en el registro oclusal porque gracias a sus cámaras permite una visión vestibular y lingual del contacto oclusal, ventaja realmente útil a la hora de elaborar restauraciones ajustadas y funcionales. El software se caracteriza por ser altamente intuitivo y de fácil manejo, lo que beneficia al clínico en la práctica diaria y la curva de aprendizaje es menos compleja.³⁷

Una vez finalizada la toma de impresión digital, los datos son enviados al laboratorio para que éste fabrique la o las restauraciones necesarias. El sistema cuenta con una amplia gama de materiales restauradores, incluidos las cerámicas de alta resistencia, las subestructuras de zirconio y las restauraciones totalmente cerámicas., esto con el fin de garantizar resultados estéticos y funcionales de alta calidad.³⁷

El escáner intraoral *TRIOS*, desarrollado y comercializado por la empresa 3Shape en el año 2010, marcó un hito importante en la evolución de la odontología digital. Este dispositivo se caracteriza por ser libre de polvos reflectantes, por ende, elimina la necesidad de aplicarlo sobre las superficies dentales antes de realizar el escaneo. El hecho de no necesitar polvos presenta una ventaja significativa respecto a los primeros escáneres intraorales, que mayormente dependían de recubrimientos para optimizar la captura de datos y evitar distorsiones ópticas.³⁸

Este sistema incorpora la innovadora tecnología desarrollada específicamente por 3Shape, denominada tecnología óptica ultrarrápida de seccionamiento, la cual consiste en la adquisición de imágenes en alta resolución a gran velocidad. Presenta la capacidad de capturar más de 3.000 imágenes bidimensionales por segundo, logrando escanear un cuadrante completo en 180 segundos, la rapidez de procesamiento, junto con la elevada densidad de información visual permiten obtener modelos digitales tridimensionales con gran detalle, facilitando al clínico una visualización detallada de márgenes, surcos y zonas subgingivales.³⁸

El sistema *TRIOS* tiene integrado el principio óptimo de microscopía focal, la cual funciona mediante haces de luz centrada para obtener imágenes lo más nítidas posibles desde distintos planos de profundidad. Este método posibilita que el dispositivo mantenga el enfoque constantemente incluso cuando el clínico modifica la posición o el ángulo del escáner, dando como resultado la libertad de movimiento óptimo durante la toma de registros. Presenta ventajas significativas tanto para el operador como para el paciente, entre las cuales están la ergonomía, la precisión y la reducción del tiempo, es menos invasivo y al tener un menor tamaño el cabezal reduce la posibilidad errores derivados por movimientos bruscos del paciente.³⁸

El sistema *TRIOS*, además de su aplicación odontología restauradora, cuenta con una plataforma adicional llamada *Ortho System* la cual, está diseñada específicamente para el ámbito de la ortodoncia digital.

Por medio de esta plataforma, el clínico cuenta con herramientas de análisis de modelos virtuales, planeación de tratamientos y la fabricación de alineadores personalizados, permitiendo así que el flujo de trabajo sea mucho más rápido y permitiendo que la digitalización esté presente en todos los ámbitos de la práctica odontológica.³⁸

El escáner intraoral desarrollado por Planmeca llamado *E4D Dentist*, constituye una de las soluciones digitales más versátiles dentro de la odontología, ya que permite realizar impresiones digitales directamente desde la cavidad oral, así como digitalizar impresiones análogas y modelos en piedra dental. Esta doble funcionalidad incrementa su utilidad en la clínica porque es capaz de adaptarse tanto a flujos de trabajo completamente digitales como a protocolos mixtos. Este sistema utiliza tecnologías avanzadas de capturas imágenes, entre ellas, la tomografía de coherencia óptica, la cual consiste en una herramienta de imagen de alta resolución para poder visualizar estructuras dentales, tanto superficiales y de profundidad sin ningún tipo de radiación.

Se utiliza una luz infrarroja para obtener imágenes en 2D y 3D de los tejidos, permitiendo ver detalles microscópicos, y utiliza también sensores basados en principios de la microscopia cofocal, por lo que posibilita obtener una representación tridimensional, altamente precisa de los tejidos dentales y gingivales.³⁸

Este dispositivo también integra una fuente láser, la cual permite registrar la superficie dental desde múltiples ángulos. Para lograr un modelo tridimensional completo, el escáner ejecuta un mínimo de nueve adquisiciones sucesivas, lo cual favorece una reconstrucción volumétrica tridimensional, mucho más estable y confiable. Una ventaja significativa es que no requiere la utilización de polvos o medios de contraste, reduciendo los tiempos clínicos y evitando posibles distorsiones asociadas a los recubrimientos de material.³⁸

En cuanto al procesamiento digital, el sistema trabaja con el software DentaLogic, el cual consiste en una plataforma que permite generar modelo virtual altamente detallado, ofreciendo la posibilidad de visualizar características anatómicas, como el esmalte en las zonas de terminación marginal y líneas de terminación.

Esto es realmente importante en preparaciones subgingivales o en casos en los que la definición del margen es fundamental para lograr un ajuste restaurativo óptimo.³⁸

Este escáner incorpora, además, la función de autogénesis, la cual consiste en una herramienta de diseño automatizado que ayuda al clínico en la elaboración de la restauración definitiva. Esta herramienta utiliza la información obtenida del registro de oclusión del paciente para proponer una restauración funcionalmente personalizada que cumpla con los requerimientos mecánicos y estéticos. También incluye un código de colores que representa visualmente aspectos clínico-claves como la intensidad de las cargas oclusal, los contactos interproximales y el grosor final de la restauración, para que así el operador tenga digitalmente un aproximado de cómo quedaría la restauración final, esto permitiéndole involucrar al paciente en su propio tratamiento. Este tipo de retroalimentación en tiempo real permite ajustar y optimizar el diseño antes de proceder con la fabricación.³⁸

Una de las particularidades más destacadas de este sistema es su capacidad para realizar restauraciones completas en la silla dental, integrándose así en un flujo de trabajo de una sola cita. Esa característica no solamente mejora la experiencia del paciente, sino que aumenta la eficacia operativa y predictibilidad del resultado final.³⁸

Otro escáner intraoral es el *3M True Definition scanner*, desarrollado por la empresa 3M, constituye una herramienta avanzada dentro del flujo de trabajo odontológico Digital destacándose por su compatibilidad con archivos STL abiertos. Esta característica es una ventaja fundamental en la práctica clínica moderna porque permite poder integrar registros digitales de diversos laboratorios, sistemas CAD/CAM y software de planificación, sin las limitaciones propias de los formatos propietarios, permitiéndole al clínico, poder transferir los archivos a donde quiera y a quien quiera. Gracias a esa flexibilidad el clínico puede trabajar directamente desde el consultorio, enviar los archivos al laboratorio o compartir estos datos digitales con otros profesionales, facilitando el abordaje interdisciplinario y ampliando las alternativas terapéuticas disponibles, con el fin de ofrecerle al paciente una atención integral.³⁹

Este sistema utiliza la tecnología de video 3D en movimiento, la cual fue desarrollada por la misma compañía que posibilita la captura continua y simultánea de la anatomía oral, registrando la superficie dental con un nivel de detalle notable y generando un modelo tridimensional dinámico que se puede evaluar y visualizar de inmediato. Este sistema permite poder corregir alguna alteración ocurrida en el proceso de escaneo de inmediato, lo cual le brinda al clínico una ventaja considerable. La calidad de la reconstrucción digital permite identificar las irregularidades en los márgenes o áreas con información incompleta, lo que disminuye la necesidad de repetir procedimientos, gracias a esto el operador puede corregirlos de inmediato y volver a realizar el escaneo.³⁹

El equipo cuenta con un monitor táctil, lo que facilita la interacción con la interfaz gráfica y agiliza la revisión del registro digital durante la toma de impresión.

Diferencia otros sistemas contemporáneos libres de polvo, ese escáner requiere la aplicación de un medio de contraste para optimizar la captura óptica, ya que el polvo reflectante mejora la visibilidad de las superficies dentales y la definición de los márgenes, lo que permite un escaneo preciso y claro.³⁹

En la transmisión de archivos, el sistema dispone de una red de datos proporcionada por 3M diseñada para asegurar la transferencia segura y eficiente de la información digital entre la consulta, el laboratorio y otros profesionales odontológicos. Esto facilita la comunicación y coordinación del tratamiento y reduce los tiempos de procesamiento.³⁹

El escáner intraoral *CS 3500* desarrollado por la casa comercial Carrestream Dental se caracteriza por poseer un diseño compacto ergonómico y de fácil manipulación, su principal función es optimizar la experiencia del clínico y la eficacia durante el proceso de captura digital.³⁹

Una de las ventajas operativas que tiene este escáner es que no requiere de la aplicación de polvos antirreflectantes, lo que simplifica el procedimiento de escaneo y disminuye el riesgo de distorsiones asociadas al uso de medios de contraste.

Incorpora, además, un sistema de iluminación auxiliar diseñado para mejorar la definición de las superficies capturadas, asegurando que la imagen permanezca enfocada incluso en regiones de difícil acceso, esto permite que el clínico pueda llegar a tejidos indispensables para la fabricación de la restauración.³⁹

La conectividad del dispositivo también ofrece una ventaja porque puede ser utilizado directamente desde cualquier ordenador mediante una conexión USB, sin la necesidad de un hardware adicional ni estaciones de trabajo estacionarias. Esto permite que sea más sencillo de transportar y pueda ser utilizado en diferentes entornos clínicos.³⁹ El escáner ofrece una capacidad de exploración amplia, con una angulación de trabajo de hasta 45° y una profundidad de campo de 16 mm, lo cual facilita el acceso visual y la captura precisa de áreas comprometidas como superficies distales de molares o zonas subgingivales parcialmente expuestas.

Según estudios, alcanza una exactitud de aproximadamente 25 micras, este valor se sitúa dentro de los estándares aceptables para restauraciones de alta precisión en flujos digitales.³⁹

La iluminación de este sistema está compuesta principalmente por LED de cuatro colores, ámbar, azul, verde y ultravioleta, una combinación precisamente diseñada para mejorar la detección de contrastes y la lectura óptica de distintas texturas de los tejidos dentales y blandos. Este espectro lumínico contribuye a generar imágenes más nítidas y detalladas, lo que resulta fundamental para la delimitación de márgenes y planificación de tratamientos restauradores.³⁹

El escáner intraoral *Condor* desarrollado por una empresa belga, dedicada a la investigación y desarrollo de tecnologías dentales, MFI (Medical Franchise Investment). Esta compañía adquirió y perfeccionó la patente originalmente desarrollada por Francois Duret, con el fin de crear un escáner intraoral lo suficientemente práctico y versátil.³⁹

Una de las características que destacan en este escáner es que no requiere la aplicación de polvos anti reflectantes, lo que simplifica el procedimiento clínico y reduce potencialmente errores asociados a un material.

El dispositivo presenta un diseño ergonómico y práctico porque puede conectarse directamente a un ordenador con un sistema operativo Windows, sin necesidad de una plataforma o estación de trabajo estática. Esta adaptabilidad de este sistema incrementa que sea mucho más versátil y fácil de incorporar en diversos entornos clínicos.³⁹

Otra ventaja relevante es la compatibilidad que presenta con archivos abiertos en formato STL, ampliamente utilizados en flujos de trabajo CAD/CAM. Las imágenes capturadas pueden ser procesadas en cualquier software compatible y enviarse a fresadoras de acceso abierto, lo que otorga al clínico, libertad para seleccionar el laboratorio o el sistema de fabricación más acorde al caso clínico.³⁹

Presenta un sistema de captura llamada “stereophotogrammetric video” una técnica que consiste en combinar múltiples imágenes, tomadas desde distintos ángulos para generar un modelo tridimensional preciso. El software del sistema procesa los datos y reconstruye la morfología dental en 3D proporcionando una representación digital detallada de las piezas dentales escaneadas.³⁹

2.6 Sistema CAD/ CAM, procesos y características

El avance de la tecnología digital ha tenido un impacto importante en el ámbito odontológico que ha permitido transformar por completo la práctica clínica, los procedimientos en laboratorios dentales y la relación entre el clínico y el paciente. Se habla de tecnología digital, odontología computarizada y odontología digital cuando se emplean la aplicación clínica de los sistemas de diseño asistido por computadora (Computer- Aided Design) y del mecanismo asistido por computadora (Computer – Aided Manufacturing). Estas tecnologías en conjunto han permitido la creación de restauraciones dentales con altos niveles de exactitud, estética y funcionalidad, consolidando así, una nueva era en la odontología moderna, teniendo como características la precisión, exactitud, eficiencia y la posibilidad del clínico de personalizar sus tratamientos.³⁹

La utilización del sistema CAD/ CAM en odontología restaurativa ha significado un gran cambio, esto consiste en la fabricación y entrega de diversas restauraciones permanentes tanto para piezas naturales como restauraciones sobre implantes, reflejando así un flujo de trabajo digital completamente automatizado. En los últimos 30 años, la incorporación de la tecnología CAD/CAM ha permitido a los odontólogos elaborar restauraciones cerámicas estéticas en una sola cita, reduciendo así los tiempos operatorios y eliminando etapas intermedias como la toma de impresiones análogas, los tiempos de fraguado o el envío de los modelos al laboratorio.

³⁹

La mayoría de los sistemas digitales de la actualidad se diferencian principalmente en el método utilizado para la adquisición de los datos, los cuales se clasifican en dos categorías: el sistema de laboratorio y el sistema chairside.³⁹

El sistema chairside se refiere directamente a las plataformas o escáneres que posibilitan el escaneo integral, el diseño digital y el fresado de la restauración, directamente desde la clínica, permitiéndole al clínico realizar el tratamiento en una sola sesión. La ventaja principal de la inmediatez y el control total del proceso por parte del operador, dándole el poder de corregir alguna alteración en el momento.³⁹

En los sistemas de laboratorio, este presenta dos modalidades, según donde se lleve a cabo el diseño asistido. El escaneo realizado en consulta junto al diseño CAD realizado por el operador, el mismo consiste directamente en obtener la impresión digital en el consultorio dental, desde donde se puede diseñar la restauración y posteriormente esos archivos se envían al centro de fresado en el laboratorio para la fase CAM, dónde se realizará la fabricación final de la pieza.³⁹

Otra modalidad es la toma de impresión análoga que se realiza de forma tradicional en el consultorio y posteriormente se vacía en piedra dental. Este modelo es enviado a laboratorio, donde ellos realizan el escaneo del modelo el diseño CAD y el fresado CAM de la estructura.³⁹

Según El Osta N⁴⁰ el proceso CAD/ CAM en odontología se desarrolla en tres secuencias fundamentales que ayudan al flujo de trabajo digital, las cuales son: la adquisición de datos, el diseño virtual y la fabricación automatizada de las restauraciones.⁴⁰

En la primera etapa, se utiliza un escáner o cámara intraoral para registrar con precisión y exactitud, la geometría tridimensional de los tejidos duros y blandos de la cavidad oral del paciente. A este procedimiento se le conoce comúnmente como la impresión digital, viene a sustituir el uso de materiales de empresa convencionales, como son las siliconas o el alginato, los cuales solían presentar desventajas poco favorables como la deformación, contracción o la inestabilidad dimensional.⁴⁰

En la segunda etapa del proceso CAD/CAM, los datos obtenidos previamente del escaneo, son procesados por un programa de diseño digital especializado, en el cual, el software permite que el profesional diseñe la restauración virtualmente, adaptándola morfológicamente a lo que el paciente necesita. Los programas de diseño poseen herramientas avanzadas que permiten modificar parámetros críticos como lo son el perfil de emergencia, el contacto interproximal, el ajuste marginal y la relación oclusal. Asimismo, poseen bibliotecas de anatomías dentarias estandarizadas que facilitan el diseño automatizado y optimizan la parte estética. Esta etapa del proceso virtual ofrece un control total sobre la restauración antes de su fabricación, permitiendo la predictibilidad del resultado clínico.⁴⁰

La tercera etapa del flujo digital es la fase de fabricación o mecanizado asistido por computadora. En esta etapa, la restauración virtual se transforma en una estructura física mediante un dispositivo automatizado, comúnmente conocido como una fresadora o una esmeriladora controlado directamente por un ordenador. El método utilizado en esta fase es el proceso sustractivo, en el cual la restauración final se fresa o se talla a partir de un bloque preformado de material restaurador. En cuanto a materiales más utilizados están las cerámicas vítreas, el disilicato de litio, resinas híbridas y el zirconio. Para obtener una superficie con gran suavidad y márgenes de alta precisión se utilizan herramientas de carburo o diamante para realizar estos cortes.⁴⁰

Las tres secuencias o etapas permiten clasificar a los sistemas CAD/ CAM según su nivel de integración. Existen los sistemas chairside que son los sistemas de consultorio, los cuales permiten realizar todas las etapas en la clínica dental, y sistemas laboratory- based, donde los datos obtenidos del escaneo se envían directamente a un laboratorio externo para su diseño y fabricación de la restauración. En este tipo de sistemas la participación del clínico a la hora de realizar el diseño suele ser limitada, pero la transacción electrónica de los datos garantiza una mayor limpieza, eficacia y trazabilidad en el proceso final de la restauración.⁴⁰

La incorporación de la tecnología CAD/CAM en la práctica clínica ha traído consigo un modelo de odontología más digitalizada, sostenible, actualizada y eficiente porque los datos obtenidos de los escáneres intraorales pueden ser archivados de manera indefinida, duplicados sin pérdida de calidad o enviados a correos electrónicos de laboratorios en cualquier parte del mundo. A nivel clínico, la precisión del diseño digital ha permitido lograr que las restauraciones tengan un ajuste marginal inferior a 50 micrómetros, superando el umbral de exactitud y precisión clínicamente aceptable.⁴¹

El avance de la tecnología digital en odontología no se limita únicamente a las restauraciones dentales, sino que también se han extendido a otras áreas clínicas, debido a la integración tecnológica. La digitalización en el diagnóstico y el tratamiento se ha convertido en una tendencia en el área prostodóntica, demostrando ventajas técnicas en la confección de coronas cerámicas y prótesis dentales fijas. Se ha demostrado que las restauraciones obtenidas mediante impresiones digitales intraorales presentan mayor precisión marginal.⁴¹

La digitalización ha mejorado la comunicación entre odontólogos, técnicos dentales y pacientes, lo que permite una visualización detallada del plan de tratamiento, la comprensión del procedimiento por parte del paciente y facilita la toma de decisiones en conjunto. Asimismo, la integración con otros sistemas digitales como la tomografía computarizada de haz cónico o la impresión 3D, logrando así, un amplio espectro de aplicaciones de la odontología digital moderna, abarcando desde la planificación de implantes hasta la ortodoncia virtual y cirugía guiada.⁴¹

La microscopía cofocal de barrido láser fue patentada en 1961 por Marvin Minsky, es una de las técnicas ópticas relevantes para la obtención de imágenes con alta resolución y con capacidad de profundidad. Este método permite adquirir secciones ópticas de una muestra mediante un proceso, denominado corte óptico, en el cual se generan imágenes nítidas y enfocadas a diferentes niveles y necesidad de cortes físicos. Estas imágenes pueden ser posteriormente reconstruidas por un ordenador, lo que posibilita obtener tanto la morfología superficial de objetos opacos, como la estructura interna de materiales parcialmente translúcidos.

La profundidad de exploración depende directamente de la capacidad de penetración de la luz láser en el material, lo que constituye una de las principales limitaciones del sistema para estudiar regiones ubicadas a mayor profundidad o áreas comprometidas como las superficies distales.⁴¹

El funcionamiento de este sistema es por medio de un haz de luz láser que atraviesa una apertura o un diafragma y mediante un lente es dirigido hacia la muestra. Una vez que el haz de luz se centra sobre la superficie del material, la luz reflejada retorna a través del mismo objeto. Un elemento clave de este sistema es el pinhole cofocal, encargado de bloquear la luz que proviene de otros planos, lo que permite obtener imágenes, considerablemente más definidas y con un elevado contraste óptico. Gracias a este mecanismo que presenta el microscopio cofocal, es capaz de discriminar señales provenientes de otros planos y centrarse únicamente en el plano específico, generando así imágenes altamente fieles a la estructura real de la muestra.⁴¹

La calidad de la imagen está relacionada a la influencia por la velocidad del escaneo, cuando el barrido se realiza de manera más lenta, disminuye el ruido en la imagen, lo que produce un contraste mejorado y una resolución superior. A partir de esta adquisición de múltiples imágenes bidimensionales provenientes de distintos planos focales. El software del sistema puede reconstruir el modelo tridimensional completo de la muestra y el proceso de reconstrucción y apilamiento de imágenes. El software permite visualizar la estructura, analizar los volúmenes, medir espesores y estudiar las irregularidades con alta precisión.⁴¹

El escáner iTero, utiliza un sistema de captura basado en la técnica de imágenes cofocales paralelas, este principio óptico, permite obtener registros tridimensionales, altamente precisos sin necesidad de aplicar recubrimientos o polvos sobre las superficies. Este sistema proyecta sobre las piezas dentales, tres haces de luz láser en tonos rojo, verde y azul, generando una fuente de luz blanca que atraviesa filtros cromáticos específicos.

Al tocar la superficie dental cada haz de luz ilumina la estructura dental desde un ángulo y longitud de onda determinados, lo que permite registrar de manera independiente, imágenes monocromáticas, que posteriormente se combinan para generar una representación final en el color real.⁴²

Durante la captura, los haces de luz producen pequeñas áreas iluminadas sobre la superficie dental y el sistema mide la intensidad del rayo reflejado en diferentes posiciones de plano focal, identificando con exactitud el punto en el que se obtiene el máximo retorno luminoso y a partir de esta información, el software reconstruye la tomografía tridimensional del diente, determinando su morfología con alto nivel de detalle y reproduciendo significativamente la interferencia causada por variaciones en la reflexión superficial o en la presencia de humedad.⁴²

Una de las ventajas significativas de esta tecnología es la capacidad para capturar diversos tipos de materiales integrales, sin la necesidad de medios de contraste, lo que mejora la comodidad del paciente y reduce el tiempo clínico requerido para la toma de esta impresión. La incorporación de una rueda de color y dispositivos ópticos adicionales dentro del módulo de captura hace que este sistema presente una cabeza de escáner ligeramente más voluminosa en comparación con otro sistema digital, lo que puede limitar su movimiento.⁴²

La tomografía de coherencia óptica es una técnica de imagen interferométrica de alta resolución que permite obtener secciones transversales y reconstruir volumétricamente la microestructura interna de distintos materiales y tejidos, incluidos los tejidos blandos. Este método se basa en la detección de la luz retrodispersada desde diferentes profundidades del objeto, generando una visualización detallada de sus capas superficiales, sin necesidad de realizar procedimientos innecesariamente invasivos.⁴²

El principio fundamental de la tomografía de coherencia óptica, predica en el uso de una fuente de luz de banda ancha que se dividen en dos haces mediante un interferómetro, uno se dirige hacia el tejido y el otro hacia un espejo de referencia.

La interferencia entre los rayos reflejados permite determinar la posición y las características ópticas de las estructuras internas, la longitud de esta onda de la fuente luminosa y el ancho de banda influye directamente en el contraste y la resolución de la imagen obtenida. En términos generales, una fuente con mayor ancho de banda proporciona soluciones axiales más finas, nítidas, con mayor detalle y mejor diferenciación entre las capas.⁴²

El muestreo tipo de onda, zona técnica avanzada de adquisición de imágenes y dimensionales de superficies que permite reconstruir imágenes tridimensionalmente, utilizando una única cámara digital a diferencia de los sistemas tradicionales, que requieren múltiples dispositivos de captura. Este método se basa en la incorporación de un módulo óptico, especializado conformado por una abertura desplazada del eje principal, la cual realiza un movimiento circular alrededor del eje óptico del sistema.⁴²

El desplazamiento es apertura fuera del eje genera una rotación controlada de los puntos del objeto, dentro del plano de la imagen, lo que permite obtener variaciones sistemáticas en la trayectoria de la luz captada por el sensor. Esas variaciones se traducen en información de profundidad, que posteriormente será procesada mediante algoritmos específicos para reconstruir el modelo tridimensional preciso de la superficie previamente escaneada.⁴²

Una ventaja considerable es que simplifica el diseño del equipo porque elimina la necesidad de múltiples cámaras o complejos módulos de triangulación para obtener imágenes volumétricas, con tan solo una trayectoria óptica. Es posible que el sistema pueda generar suficientes datos de profundidad para producir representaciones, tridimensionales fiables, lo que causa una reducción en costos, facilita la portabilidad del hardware y mejora la eficiencia del proceso escaneo, logrando así, una captura estable, rápida y compatible con sistemas CAD/ CAM.⁴²

La nube de puntos es un conjunto de coordenadas tridimensionales organizadas dentro de un sistema espacial definidos por los ejes X, Y y Z que representan con alta fidelidad la geometría superficial del objeto escaneable.

Cada nube de puntos actúa como un vértice que describe la posición exacta de un punto en la superficie externa de elemento escaneado, constituyendo así la base matemática para la reconstrucción digital de la forma tridimensional. 42

Este tipo de representación se obtiene en la mayoría de los casos mediante el uso de un escáner 3D, dispositivo que captura de manera automatizada, miles o incluso millones de puntos por segundo. Al registrar múltiples mediciones sobre el objeto desde diferentes ángulos, el escáner genera un archivo digital que contiene una nube compuesta por datos espaciales, densos y precisos. Este registro sirve como la primera etapa de procesos avanzados de modelos digitales. 43

La nube de puntos es fundamental para la creación de esos modelos virtuales, dado que permite representar la anatomía dental y tejidos adyacentes con gran nivel de detalle. A partir de esta nube inicial, los programas especializados aplican algoritmos de reconstrucción para transformar los puntos dispersos en superficies continuas o mallas tridimensionales, que posteriormente se utilizan en el diseño de restauraciones, planificación de tratamientos y fabricación asistida por computadora. 43

El sistema de coordenadas cartesianas constituye un modelo matemático en el cual se describen las posiciones en el espacio, ya sea en dos o tres dimensiones. En su versión tridimensional este espacio se estructura a partir de tres ejes mutuamente ortogonales, el eje X, el eje Y y el eje Z, que deben interceptarse en un punto común denominado origen. Cada punto va a estar ubicado en un sistema que puede representarse mediante un conjunto de valores numéricos, los cuales describen la localización exacta dentro del espacio. 43

El valor de cada coordenada corresponde a una proyección del vector en posición del punto sobre el eje respectivo, es decir, cada coordenada representa la distancia perpendicular del punto al plano, formado por los otros dos ejes, permitiendo así, establecer relaciones espaciales, precisas y cuantitativas.

Este sistema es fundamental para el procesamiento y análisis de datos tridimensionales porque las nubes de puntos generadas por los escáneres intraorales y extraorales, se organizan dentro de un sistema plano cartesiano, lo que facilita la reconstrucción de los modelos 3D, la discrepancia, el alineamiento de los escaneos y la integración al software CAD/CAM. Se entiende que el sistema cartesiano proporciona la base matemática indispensable para traducir la geometría física de las estructuras dentales en información digital para el diseño, diagnóstico y fabricación asistida por computadora.⁴³

2.7 Precisión de los escáneres digitales

Esta definición en el ámbito en cuanto a la odontología, se ha adaptado al contexto de los escáneres tridimensionales, el escáner se determina mediante la comparación de múltiples conjuntos de datos obtenidos de un mismo objeto, utilizando el mismo dispositivo y bajo las mismas condiciones. Un escáner se considera mucho más preciso cuando es capaz de generar múltiples imágenes repetibles y consistente con un mismo modelo de estudio, da como resultado un mínimo de variaciones o desviaciones entre las distintas tomas. La capacidad que poseen de repetir constantemente es crucial para poder garantizar buenos resultados clínicos y restauraciones que se ajusten de manera exacta a las piezas dentarias.⁴³⁻⁴⁴

La precisión de los dispositivos de digitalización utilizados en los sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora, deben evaluarse bajo condiciones estandarizadas, la norma establece que una medición debe de repetirse 30 veces seguidas sin retirar la o las muestras del dispositivo. El fin de este protocolo es eliminar las variables externas que se puedan llegar a presentar para garantizar una evaluación del rendimiento del escáner. Estos procedimientos de simulación utilizan pilares previamente preparados para una prótesis dental fija y dependiendo del estudio, esta prótesis tiene una o varias unidades, en las cuales se emplean geometrías positivas y negativas. Con estos criterios se busca una comparativa de desempeño de distintos dispositivos para así poder garantizar resultados óptimos tanto para el laboratorio como para el clínico.⁴⁵

Una ventaja notable que presentan los escáneres extraorales con sistemas de luz estructurada o láser es que no requieren contacto físico con el objeto por escanear, esto ofrece mayor velocidad de trabajo y reduce significativamente el riesgo de ocasionar un daño o deformar el objeto, por el contrario, los escáneres de contacto, aunque son más resistentes a interferencias ópticas, son más lentos y susceptibles a ocasionar algún daño al objeto, por ende, una alteración en el escaneado. Los escáneres de luz estructurada al presentan una precisión mayor en comparación con los escáneres basados en láser o en diversas tecnologías.⁴²⁻⁴³

Joensahakij N ⁴⁴, indica que la exactitud de los resultados aumenta cuando se escanean modelos con superficies lisas o regulares, mientras que disminuye notoriamente cuando se escanean modelos con ángulos, bordes afilados o zonas irregulares. Además, indican que no existe relación directa entre el número de triángulos en la resolución y la precisión del escaneo, es más relevante la calidad del procedimiento cuando se realiza por puntos y la eficiencia del algoritmo al realizar la reconstrucción tridimensional. Resaltan que a mayor resolución de captura mejorará la capacidad del escáner de lograr recolectar los detalles más finos. ⁴⁴

Un factor determinante en la precisión de los sistemas ópticos es el tamaño que se planea digitalizar porque la mayoría de las cámaras utilizadas en los sistemas de luz estructurada no están diseñadas para digitalizar arcadas completas o más de una arcada, por lo tanto, su exactitud disminuye al ser el área a escanear muy extensa. Existen coayudantes para mejorar la precisión del escaneo como lo son los polvos de escaneo, ya que, reducen la dispersión de la luz, ayudando a que el proceso sea más claro y preciso. ⁴⁴

Los escáneres intraorales poseen la capacidad de capturar las imágenes tridimensionales de las piezas dentales directamente desde la cavidad del paciente, ocasionando que la luz sea capturada por los sensores ópticos. Su funcionamiento se basa en una proyección de haz de luz que mediante el algoritmo de triangulación se reconstruye el modelo tridimensional.

Estos sistemas cuentan con un principio de captura de imágenes, algunos lo hacen mediante imágenes fijas secuenciales mientras que otros lo hacen mediante la adquisición continua de un video, cada secuencia presenta ventajas específicas en términos de resolución, velocidad y resistencia a interferencias ópticas.⁴⁵⁻⁴⁶

La precisión de las restauraciones realizadas en los sistemas CAD/CAM se consideran clínicamente adaptables siempre y cuando su discrepancia marginal interna sea inferior a 120 micrómetros, esto para que tenga un ajuste marginal adecuado en las restauraciones de una sola unidad. Se enfatiza en que una mala adaptación marginal puede llegar a generar problemas como microfiltraciones, caries, inflamación gingival y periodontitis.⁴⁵⁻⁴⁶

Los sistemas digitales modernos permiten la posibilidad de corregir errores en tiempo real mediante la ampliación de zonas específicas del modelo que se está escaneando, detectando defectos ocasionados por un mal escaneo y repitiendo la toma de manera focalizada, sin necesidad de realizar toda la impresión nuevamente. La precisión de las restauraciones es un tema delicado, puede verse afectado por diversos factores como la presencia de dientes adyacentes que dificultan la visualización al escáner, la distancia, el margen de la preparación y el ángulo de incidencia del haz de luz.⁴⁴⁻⁴⁵⁻⁴⁶

Los métodos para evaluar la precisión de los escáneres intraorales se clasifican en dos, en enfoques bidimensionales e indirectos tridimensionales. Los enfoques bidimensionales se basan en mediciones lineales comparativas entre ciertos puntos de referencia, mientras que los indirectos tridimensionales analizan volumétricamente la superposición de puntos para cuantificar la desviación entre el modelo digital y el modelo de referencia. Cuanto mayor sea la precisión, la medición, por ende, será más fiable, y cuanto mayor es la veracidad, la cual es la que mide que tan cerca están los resultados de una medición de valores reales del objeto en específico, más se acerca la medición a las dimensiones reales que posee el objeto.⁴⁵⁻⁴⁶

2.8. Desajuste en las prótesis fijas

Según Jasim AG et al ⁴⁵, ha señalado que las discrepancias o desajustes marginales internas inferiores a 120 micrómetros (μm), se consideran clínicamente aceptables para garantizar un adecuado ajuste en restauraciones de piezas individuales, sin dejar de lado la recomendación de que el espesor de la capa de cemento no exceda a los 40 μm , esto con el propósito de poder garantizar una mejora, adaptación y mayor durabilidad en la restauración. No obstante, a pesar de esas referencias no existe como tal un valor establecido sobre cuál es el límite de la aceptabilidad clínica del desajuste como tal, ya que múltiples factores pueden influir en la esa exactitud del ajuste final.

45

Una adaptación marginal deficiente puede traer consecuencias significativas en el éxito a largo plazo de la restauración porque podría favorecer a la acumulación de placa bacteriana, la aparición de caries secundarias o incluso llegar a provocar fracturas del material restaurador que se utilizó. Por ello, la exactitud del ajuste no depende únicamente del proceso de cementación o del clínico, sino también de variables relacionadas con la impresión dental y la técnica utilizada. Si dicha técnica se realizó mediante una impresión digital la variable iría relacionada con el diseño asistido por computadora (CAD), el fresado controlado por computadora (CAM), el diseño de la preparación dental y el asentamiento o cementación finales de la restauración sobre la pieza dental.

Si la técnica utilizada para la impresión dental fue análoga, las variables del desajuste irían relacionadas con el manejo de los materiales antes, durante y después de dicha toma, la accesibilidad al paciente, de la confiabilidad del clínico y del manejo hasta el laboratorio. ⁴⁵

La literatura científica sostiene que, a medida que la morfología dental escaneada presenta una mayor complejidad, se incrementa la dificultad para reproducir fielmente las estructuras dentales mediante los sistemas digitales.

La exactitud del proceso digital depende en gran medida de la calidad de la captura, la calibración de los equipos de fresado y la técnica de interpretación que utilice el software de diseño. ⁴⁶

Un desajuste marginal en una restauración puede ocasionar consecuencias clínicas significativas, entre esas, la proliferación de bacterias favorece la acumulación de biopelícula en los márgenes de dicha restauración. Esta acumulación de bacterias puede desencadenar procesos inflamatorios en los tejidos periodontales adyacentes provocando así que la estabilidad y longevidad de dicho tratamiento se vea comprometido. La pérdida de retención axial y la reducción en la estabilidad puede provocar la pérdida de la restauración final. ⁴⁶

El desajuste de las prótesis fijas constituye uno de los parámetros fundamentales en la evaluación de la calidad de las restauraciones, puesto que cualquier discrepancia puede desencadenar en alteraciones progresivas que, con el tiempo, comprometen la estabilidad del tratamiento. Para garantizar la durabilidad de una restauración, es esencial que la separación entre la superficie interna de la prótesis y la preparación dental sea mínima y clínicamente aceptable. No obstante, la terminología para describir estos conceptos ha variado ampliamente a lo largo del tiempo, lo que genera dificultades al comparar estudios y limita la extracción de los resultados. Dando como resultado, que en numerosas conclusiones se sustentan con definiciones propias, lo cual lo traduce en discrepancias metodológicas que afectan la interpretación conjunta de la evidencia. ⁴⁶

Con la finalidad de estandarizar conceptos y criterios, se propone una clasificación que define el ajuste en función del desajuste medido en puntos específicos entre la restauración y la estructura dental. ⁴⁶

El desajuste interno se mide como la distancia presente entre la superficie interna de la restauración y la preparación dental en la región no marginal.

En cuanto al desajuste marginal se conoce como la separación perpendicular existente entre el margen protésico y el margen de la preparación.

El desajuste marginal vertical es la distancia entre el margen de la restauración y el ángulo cavosuperficial, medida paralelamente a la vida de inserción. ⁴⁶

El margen sobre extendido es el tramo, en el cual el margen protésico rebasa la línea terminación de la preparación. ⁴⁶

El margen infra extendido es la distancia en la que el margen de la restauración queda por dentro del borde de la preparación, de modo que el diente es el que sobrepasa el límite protésico. ⁴⁶

El desajuste marginal absoluto o total, es la mayor distancia registrada entre el margen protésico y el ángulo cavosuperficial, integrando discrepancia verticales y horizontales, ya sean productos de una sobre extensión o infra extensión. ⁴⁶

El desajuste marginal, además de ser un parámetro de precisión técnica, constituye un factor determinante para el éxito clínico a largo plazo en las restauraciones, por lo que la falla de un sellado adecuado puede desencadenar una serie de complicaciones, clasificadas en biológicas, estéticas y mecánicas. ⁴⁶

Las complicaciones biológicas surgen a partir de la acumulación de la placa bacteriana y restos orgánicos, en los márgenes de las restauraciones desajustadas. Estas alteraciones afectan tanto a la pieza dental como a los tejidos periodontales. La evolución de alguna complicación como caries secundarias, pulpitis y necrosis, micro infiltración, gingivitis y periodontitis, recesión, gingival y pérdida ósea, alveolar son factores que pueden alterar profundamente el periodonto y comprometer la visibilidad de la restauración⁴⁶

En las complicaciones estéticas se tienen los cambios biológicos secundarios, que inciden en la apariencia de los tejidos gingivales y la alteración visual de la restauración. Se pueden observar variaciones en forma color, textura y consistencia, afectando la armonía estética del sector tratado. ⁴⁶

Las complicaciones mecánicas se relacionan con la estabilidad estructural y funcional de la restauración. Un mayor desajuste marginal, disminuye la retención mecánica, incrementa la posibilidad de descementación y aumenta el riesgo de fractura tanto del diente pilar, como de la restauración protésica. En consecuencia, la longevidad del tratamiento se ve notablemente reducida, por lo que no es lo esperado por parte del operador ni del paciente.⁴⁶

Un control riguroso de esos parámetros es indispensable para minimizar las complicaciones biológicas y mecánicas para preservar la salud periodontal y garantizar resultados clínicos, predecibles y duraderos⁴⁶

CAPÍTULO III-
MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico tiene como propósito exponer y fundamentar el enfoque, los métodos y las técnicas utilizadas en el desarrollo de esta investigación. En este apartado se definen las pautas que guiaron el proceso investigativo, asegurando la coherencia entre los objetivos planteados, el diseño metodológico elegido y la naturaleza del problema abordado. De esta manera, se presentan el tipo de investigación, el enfoque aplicado, el diseño, la población y muestra, así como los instrumentos empleados para la recolección y el análisis de los datos, con el fin de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

3.1 Enfoque metodológico

La investigación presenta un enfoque de revisión bibliográfica de enfoque cualitativo, cuyo propósito es analizar y sintetizar la evidencia encontrada. Según Siddaway et al se adopta un diseño longitudinal retrospectivo lo cual implica examinar a lo largo del tiempo, investigaciones, documentos y ensayos para identificar como han cambiado los enfoques y la perspectiva, y como estas conclusiones e implicaciones tienen un impacto en la práctica clínica.⁴⁹

3.2 Tipo de investigación

La investigación es de diseño documental y se realiza siguiendo los pasos para elaborar una revisión bibliográfica. Los estudios realizados bajo esta modalidad, tienen la finalidad de sintetizar la evidencia sobre un tema de salud que permita obtener unas conclusiones e implicaciones que tengan un impacto en la práctica clínica.

3.3 Fuentes de información

Para la búsqueda de las fuentes relevantes se utilizarán bases de datos electrónicas como PubMed y ScienceDirect. Las búsquedas se realizarán en los idiomas español, inglés. Para ello se seleccionaron las siguientes palabras clave de búsqueda según cada uno de los idiomas:

Palabras de búsqueda en español: “impresiones dentales”, “impresiones dentales convencionales”, “impresiones dentales digitales”, “escáner digital”, “materiales de impresión”, “tecnología CAD-CAM”, “prótesis fija”, “prótesis parcial removible”.

En Inglés: “dental impressions”, “conventional dental impressions”, “digital dental impressions”, “digital scanner”, “impression materials”, “CAD-CAM technology”, “fixed prosthesis”, “removable partial denture”.

3.4 Criterios de búsqueda

Tabla 1. Criterios de búsqueda

Objetivo	Descriptor	Motores de búsqueda	Periodo de estudio	Idioma
Comparar las diferencias en cuanto a exactitud en el modelo digital y el modelo análogo.	Factores característicos para diferenciar la exactitud en el modelo digital y modelo análogo	PubMed, Science Direct	2020-2025	Español/inglés
Describir las ventajas y desventajas de las impresiones digitales y análogas, en función a su impacto en la precisión de las prótesis fijas de múltiples	Ventajas y desventajas de las impresiones digitales e impresiones análogas	PubMed y Science Direct	2020-2025	Español/inglés
Contrastar los valores de desajuste de las prótesis fijas de múltiples unidades a partir de las impresiones digitales y de impresiones análogas.	Enumerar cual impresión dental presenta un desajuste mayor dependiendo de la técnica utilizada	PubMed y Science Direct	2020-2025	Español/inglés

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.5 Criterios de inclusión y exclusión

Tabla 2. Criterios de *inclusión y exclusión*

Criterios de Inclusión	Criterios de exclusión
Artículos con una vigencia no mayor a 5 años	Artículo en otro idioma que no sea es español o Ingles
Artículos en idioma inglés y español.	Artículos de opinión
Según el diseño del estudio: revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados, estudios de casos y controles, estudios de cohorte, revisiones exploratorias, estudios transversales	Artículos de una vigencia de más de 5 años
Artículos científicos referente exclusivamente del objeto de estudio.	

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.6 Proceso de selección

Ilustración 1. Diagrama de flujo o algoritmo de búsqueda



Fuente: Elaboración propia, 2025

3.7 Clasificación según niveles de evidencia

Tabla 3. Clasificación según niveles de evidencia

Nivel de evidencia	Tipo de estudio	Cantidad según tipo de estudio	Cantidad según nivel de evidencia	Porcentaje
I	Revisión sistemática	8	12	40 %
	Metaanálisis	4		
2	Estudio clínico controlados	14	14	46 %
3	Estudios de casos control	1	4	14 %
	Estudios de cualquier tipo (experimentales, observacionales, de revisión o consenso)	3		
Total				100 %

Fuente: Elaboración propia, 2025

CAPÍTULO IV-
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las impresiones dentales son parte esencial dentro del ámbito de la odontología, son indispensables en el proceso de diagnóstico, planificación y ejecución de tratamientos restaurativos. Su principal finalidad es reproducir de manera exacta las piezas dentales, tejidos blandos, rebordes alveolares y demás superficies de soporte dental y protésico. Esta reproducción es indispensable para los modelos de estudio, modelos de trabajo y para la fabricación de restauraciones y prótesis dentales.

En grandes términos las impresiones dentales análogas son un negativo tridimensional de las estructuras orales y a partir de estas se obtiene un positivo normalmente de piedra dental, que representan los tejidos blandos y duros. Tomando en cuenta que la calidad del modelo dependerá directamente de la precisión de la impresión dental y de esta, dependerá la exactitud de las restauraciones que se realicen a base de estos modelos.

La tecnología digital ha transformado progresivamente la odontología, la aplicación en el área restaurativa ha evolucionado con el fin de obtener impresiones digitales por medio del escáner dental como una alternativa más cómoda y precisa para el paciente.

El propósito de esta investigación fue comparar la exactitud de las impresiones digitales en comparación con la impresión análoga en la confección de prótesis fijas de múltiples unidades. Se desarrolló mediante bases de datos electrónicas como PubMed y ScienceDirect en los que se incluyeron 33 artículos en los cuales se encontraban revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios clínicos controlados.

4.1 Análisis de resultados

Kalantari et al.¹⁹ realizaron un estudio donde se evaluó el ajuste marginal en el cual se utilizaron materiales de impresión de polivinilsiloxano y un escáner intraoral. A partir de los resultados de su estudio indican que no se encontró discrepancia marginal de los pilares utilizados tanto en impresión análoga como en impresión digital, por ende, concluyen que la exactitud del ajuste marginal no recae en las técnicas de impresión.¹⁹

El estudio de Teramoto Ohara et al.²⁰ se utilizaron impresiones con alginato, impresiones con polivinilsiloxano e impresiones con escáner intraoral, este estudio reporta resultados similares demostrando que no existen diferencias significativas entre las distancias inter caninas tanto superior como inferior, al realizar la sumatoria de todos los valores de las mediciones transversales de cada arcada, se registraron valores entre el escáner y las impresiones de polivinilsiloxano, este fue de 0.23mm y entre el escáner intraoral y el alginato fue de 0.44 mm. Esos valores muestran que desde el punto de vista clínico son aceptables, ya que se considera clínicamente aceptable un rango de diferencia de 0.50 milímetros. Determinan que no existen diferencias significativas entre los tres métodos a la hora del ajuste marginal, pero se puede concluir que el escáner intraoral es un poco más exacto y viable para el diagnóstico por sus ventajas.

Hay otros criterios que generan debate, como lo es el de Giachetti L et al.²¹ en el cual, se realizó una revisión donde se pretendía determinar la precisión de las impresiones digitales directas y compararlas con las impresiones análogas en donde se unos median la precisión de las impresiones digitales y otros estudios analizaron la veracidad, dando como resultado que todos coincidieron que las impresiones análogas eran mucho más exactas que la impresión digital dado que el uso de escáneres intraorales presentaban un desajuste significativo en la restauración final.²¹

Bandiaky et al.²⁶ realizaron una evaluación comparativa de las prótesis fijas dentosoportadas de cobertura completa fabricadas a partir de escaneos digitales e impresiones convencionales en la cual sus resultados fueron que las coronas o prótesis fijas de 3 unidades fabricadas mediante las técnicas de escaneo intraoral son similarmente comparables con las impresiones análogas en término de exactitud del ajuste marginal²⁶

En los resultados reportados por Manisha J²⁹, donde median la precisión en la fabricación de las coronas cerámicas unitarias después de las impresiones digitales versus las impresiones análogas encontraron una ventaja considerable en la técnica de impresión digital en comparación con la técnica análoga en cuanto al ajuste marginal se trataba en la fabricación de coronas cerámicas unitarias y como esta técnica digital puede utilizarse en sustitución de la técnica análoga a futuro.

Se menciona la importancia de mejorar los sistemas para la toma de impresiones digitales y se requieren más estudios en concreto entre una técnica y otra. ²⁹

Otro estudio que reporta resultados similares es el de Hasanzade M et al. ³⁰, que señalan que la adaptación marginal e interna de las coronas unitarias y prótesis dentales fijas mediante flujos de trabajos digitales y análogas es mejor en las restauraciones realizadas completamente con una técnica digital, ya que muestran una mejor adaptación interna y marginal en comparación con los métodos parcialmente digital o completamente análogas. ³⁰

En el estudio realizado por Bandiaky et al. ³⁵ donde analizaron el ajuste marginal interno de las prótesis dentales fijas de cinco unidades a base de zirconio fabricadas con escaneos digitales e impresiones convencionales, mostraron que las restauraciones en las que se utilizó el escáner digital tenían mejor ajuste que las del grupo de las impresiones convencionales, no obstante, no se encontró diferencia estadística significativa entre los dos tipos de impresiones, ya que ambos valores son clínicamente aceptables. Mencionan la importancia del estudio y aplicación del campo digital para obtener restauraciones de mayor exactitud a largo plazo. ³⁵

Resultados significativos se obtuvieron a partir del estudio realizado por Berger L et al ³⁸. donde evaluaron los escáneres intraorales, materiales de impresión escaneables y los métodos convencionales para la toma de impresiones en cuanto a precisión y exactitud, donde la distancia marginal de las coronas que se fabricaron con el método digital fue de 0,026mm y de las fabricadas con el método convencional fue de 0.038 mm. Es decir, en prótesis de corona única, las impresiones digitales parecen ser un poco más efectivas que las convencionales. ³⁸

Es importante mencionar que ambas técnicas de impresión parecen ser efectivas y aceptadas por el clínico porque presentan buenos resultados en cuestión de exactitud en el ajuste marginal. Tomando en cuenta la evidencia científica, se pueden observar ventajas a las impresiones digitales cuando se refiere a mayor exactitud en prótesis fijas.

**CAPÍTULO V- CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones

A partir del análisis de la literatura científica, se evidencia que tanto las impresiones digitales como las impresiones análogas, presentan un desempeño clínico aceptable en cuanto a el ajuste marginal de restauraciones. Estudios como los de Kalantari et al.¹⁹ y Teramoto Ohana²⁰ demuestran que no se registran discrepancias marginales significativas entre ambos métodos, aun cuando se emplean distintos materiales de impresión o se evalúan medidas transversales en diferentes momentos. De esa manera se confirma que la exactitud de ajuste marginal no depende exclusivamente de la técnica seleccionada, sino también de los factores usadas al operador, al control del campo clínico y las fases posteriores del flujo de trabajo.

Aunque los resultados generales muestran una equivalencia clínica entre ambos métodos, tanto digital como análoga, algunos estudios recientes revelan una tendencia favorable hacia las impresiones digitales, especialmente en restauraciones unitarias. Investigaciones como las desarrolladas por Manisha J²⁹ y Hassanzade M et al.³⁰ reportan una adaptación marginal e interna superior en coronas y prótesis fijas elaboradas mediante técnicas completamente digitales. Esta ventaja se le atribuye a la eliminación de variables críticas presentes en impresiones análogas, como deformaciones del material o alteraciones dimensionales durante el vaciado del modelo, lo cual sugiere un incremento en la predictibilidad de los procedimientos digitales.

La literatura científica también expone diversas posturas, autores como Giachetti et al.²¹ señalan que las técnicas análogas pueden ofrecer mayor exactitud dimensional que las digitales especialmente en restauraciones complejas. Esta discrepancia evidencia que la tecnología digital aún presenta variabilidad ya sea por el tipo de escáner, el principio óptico de captura y los algoritmos utilizados para la reconstrucción tridimensional. Por lo que se deduce que la superioridad absoluta de una técnica sobre otra no está completamente establecida y requiere un análisis exhaustivo según el tipo de restauración.

En el caso de prótesis fijas de múltiples unidades, estudios como los de Bandiaky et al. ²⁶ indican que la exactitud de tanto los sistemas digitales como los sistemas análogos producen restauraciones con valores de ajustes marginales dentro de los parámetros clínicos aceptables. Se ha observado que escaneos digitales tienden a mostrar mejor desempeño y ligeramente superior, sin embargo, estas diferencias no presentan una estadística significativa.

Aunque la evidencia científica muestra una clara tendencia hacia la consolidación de las impresiones digitales como una alternativa altamente precisa y viable, especialmente en restauraciones unitarias y de baja complejidad. Las ventajas intrínsecas del flujo digital, como la obtención inmediata de la geometría tridimensional, la ausencia de distorsión por materiales de impresión y la posibilidad de poder corregir o verificar todo en tiempo real, permite obtener restauraciones con un ajuste marginal altamente predecible. Ambas técnicas siguen siendo aceptadas clínicamente, los avances innovadores en hardware y software digitales indican que estas tecnologías se perfilan para el futuro en la confección de prótesis fijas.

5.2 Recomendaciones

- Incentivar la adopción de sistemas de escaneo intraoral en la práctica clínica especialmente para restauraciones unitarias, debido a la evidencia que señala una tendencia hacia una mayor exactitud marginal cuando se emplean flujos completamente digitales.
- Aconsejable que los profesionales en las instituciones fortalezcan, la capacitación continua en el uso de escáneres intraorales y plataformas CAD/CAM, dado que la exactitud final de la restauración depende en gran medida de la habilidad del operador y de la correcta ejecución de las técnicas de escaneo.

- Promover investigaciones adicionales que comparen técnicas digitales y análogas en restauraciones extensas, con el fin de establecer con mayor exactitud los límites, fortalezas y debilidad de cada flujo de trabajo.
- Establecer protocolos estandarizados para la toma de impresiones digitales, en donde se contemplen los factores clínicos que influyen en la calidad del escaneo, como la humedad, la iluminación y la accesibilidad. Estos elementos pueden alterar la precisión de la nube de puntos y, por ende, el ajuste marginal final.
- Se aconseja que las futuras investigaciones evalúen de manera conjunta la exactitud marginal e interna en todas las fases del flujo digital, desde la captura inicial hasta el proceso final de fresado, con el propósito de identificar en qué etapa se originan las posibles discrepancias dimensionales y optimizar el proceso completo.

CAPÍTULO VI-
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amin S, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P. Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2017;28(11):1360–7. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1111/clar.12994>
2. The glossary of prosthodontic terms: Ninth edition. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2017;117(5S):e1–105. Available from: https://www.academyofprosthodontics.org/lib_ap_articles_download/GPT9.pdf
3. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent* [Internet]. 2019;22(1):11–9. Available from: <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/180700/>
4. Jeon J-H, Jung I-D, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scans of stone models and impressions using a blue LED scanner. *Dent Mater J* [Internet]. 2015;34(5):686–91. Disponible: <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2014-347>
5. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *J Orofac Orthop* [Internet]. 2017;78(3):211–20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00056-016-0070-0>
6. Jeong I-D, Lee J-J, Jeon J-H, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C. Accuracy of complete-arch model using an intraoral video scanner: An in vitro study. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;115(6):755–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.11.007>
7. 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* [Internet]. 2020;64(2):109–13. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpr/64/2/64_109/_pdf

8. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang H-L, et al. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2021 [citado el 9 de agosto de 2024];25(12):6517–31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34568955/>
9. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen C-J, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2016;27(4):465–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/clr.12567>
10. Sakar, O. (2016). *Removable Partial Dentures. A practitioner Manual* (O. Şakar (ed.); Firs). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20556-4>
11. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review. *J Prosthodont* [Internet]. [consultado el 4 de junio del 2025] 2018;27(1):35–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jopr.12527>
12. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen C-J, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. [consultado 4 de junio de 2025]2016;116(2):184-190.e12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.017>
13. Güth J-F, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. *Clin Oral Investig* [Internet]. [consultado 4 de Junio 2025] 2016;20(7):1487–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-015-1626-x>
14. Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod* [Internet]. [consultado 4 de junio 2025] 2016;38(4):429–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/ejo/cjw033>

15. Burzynski JA, Firestone AR, Beck FM, Fields HW Jr, Deguchi T. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. [consultado 4 de junio 2025]2018;153(4):534–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.08.017>
16. DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko C-C, Douglas WH. Accuracy of a system for creating 3D computer models of dental arches. *J Dent Res* [Internet]. [consultado 4 de junio 2025]2003;82(6):438–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/154405910308200607>
17. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent* [Internet]. [consultado 4 de junio 2025] 2016;115(3):313–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.09.011>
18. Onbasi Y, Abu-Hossin S, Paulig M, Berger L, Wichmann M, Matta R-E. Trueness of full-arch dental models obtained by digital and conventional impression techniques: an in vivo study. *Sci Rep* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025]2022;12(1):22509. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-26983-5>
19. Kalantari MH, Abbasi B, Giti R, Rastegar Z, Tavanafar S, Shahsavari-Pour S. Clinical evaluation of marginal fit of uncemented CAD-CAM monolithic zirconia three-unit restorations in anterior areas, using scannable and conventional polyvinyl siloxane impression materials. *BMC Oral Health* [Internet]. [consultado 6 de Junio 2025] 2023;23(1):52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-023-02771-z>
20. Teramoto Ohara A, Almeida González M, Angulo Preciado S, Teramoto Iida A. Exactitud de modelos digitales con base en escáner intraoral comparados con modelos de yeso. *Rev Mex Ortod* [Internet]. [consultado 6 de Junio 2025] 2024 9(2). Available from: <https://revistas.unam.mx/index.php/rmo/article/view/87895>
21. Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS. Accuracy of digital impressions in fixed prosthodontics: A systematic review of clinical studies. *Int J Prosthodont* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025] 2020;33(2):192–201. Available from: <http://dx.doi.org/10.11607/ijp.6468>

22. Palomino-Granados RC, Solar Loayza C, Mas López J. Impresiones digitales dentales con escáneres intraorales: una revisión de la literatura. *Rev Estomatol Hered* [Internet]. 2024 [consultado 6 de Junio 2025] 34(1):69–75. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552024000100069
23. 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* [Internet]. [consultado 6 de Junio 2025] 2020;64(2):109–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010>
24. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang H-L, et al. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig* [Internet] [consultado 6 de Junio 2025] 2020. 2021;25(12):6517–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-021-04157-3>
25. Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida É, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro A. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review. *J Prosthet Dent* [Internet]. [consultado 6 de Junio 2025] 2021;125(2):241–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.01.003>
26. Bandiaky ON, Le Bars P, Gaudin A, Hardouin JB, Cheraud-Carpentier M, Mbodj EB, et al. Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. [consultado 6 de Junio 2025] 2022;127(1):71–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.09.017>
27. Ma Y, Guo Y-Q, Saleh MQ, Yu H. Influence of ambient light conditions on intraoral scanning: A systematic review. *J Prosthodont Res* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025] 2024;68(2):237–45. Available from: http://dx.doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_23_00098

28. Lam WY-H, Mak KC-K, Maghami E, Molinero-Mourelle P. Dental students' preference and perception on intraoral scanning and impression making. *BMC Med Educ* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025] 2021;21(1):501. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-021-02894-3>
29. Manisha J, Srivastava G, Das SS, Tabarak N, Choudhury GK. Accuracy of single-unit ceramic crown fabrication after digital versus conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025] 2023;23(2):105–11. Available from: http://dx.doi.org/10.4103/jips.jips_534_22
30. Hasanzade M, Aminikhah M, Afrashtehfar KI, Alikhasi M. Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025]2021;126(3):360–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.007>
31. Ciccì M, Fiorillo L, D'Amico C, Gambino D, Amantia EM, Laino L, et al. 3D digital impression systems compared with traditional techniques in dentistry: A recent data systematic review. *Materials (Basel)* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025]2020;13(8):1982. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13081982>
32. Róth I, Czigola A, Fehér D, Vitai V, Joós-Kovács GL, Hermann P, et al. Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. *BMC Oral Health* [Internet]. [consultado 6 de junio 2025] 2022;22(1):140. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-022-02176-4>
33. Albánchez-González MI, Brinkmann JC-B, Peláez-Rico J, López-Suárez C, Rodríguez-Alonso V, Suárez-García MJ. Accuracy of digital dental implants impression taking with intraoral scanners compared with conventional impression techniques: A systematic review of in vitro studies. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022;19(4):2026. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19042026>

34. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral scanner technologies: A review to make a successful impression. *J Healthc Eng* [Internet]. 2017;2017:8427595. Available from: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/8427595>
35. Bandiaky ON, Clouet R, Le Bars P, Soueidan A, Le Guehennec L. Marginal and internal fit of five-unit zirconia-based fixed dental prostheses fabricated with digital scans and conventional impressions: A comparative in vitro study. *J Prosthodont* [Internet]. 2023;32(9):846–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jopr.13639>
36. Özsürmeli H, Türker ŞB. In vitro evaluation of the marginal and internal accuracy of different types of dental ceramic restorations fabricated based on digital and conventional impressions. *Int J Prosthodont* [Internet]. 2021;34(1):61–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.11607/ijp.6443>
37. Nagarkar SR, Perdigão J, Seong W-J, Theis-Mahon N. Digital versus conventional impressions for full-coverage restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2018;149(2):139-147.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adaj.2017.10.001>
38. Berger L, Adler W, Kreuzer MMK, Wichmann M, Matta R-E. Comparison of digital and conventional impressions based on the 3D fit of crowns. *Int J Prosthodont* [Internet]. 2022;35(6):801–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.11607/ijp.7652>
39. Waldecker M, Rues S, Awounvo Awounvo JS, Rammelsberg P, Bömicke W. In vitro accuracy of digital and conventional impressions in the partially edentulous maxilla. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2022;26(11):6491–502. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-022-04598-4>
40. El Osta N, Drancourt N, Auduc C, Veyrune J-L, Nicolas E. Accuracy of conventional impressions and digital scans for implant-supported fixed prostheses in maxillary free-ended partial edentulism: An in vitro study. *J Dent* [Internet]. 2024;143(104892):104892. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104892>

41. Ke Y, Zhang Y, Wang Y, Chen H, Sun Y. Comparing the accuracy of full-arch implant impressions using the conventional technique and digital scans with and without prefabricated landmarks in the mandible: An in vitro study. *J Dent* [Internet]. 2023;135:104561. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104561>
42. Jelicich A, Scialabba R, Lee SJ. Positional trueness of abutments by using a digital die-merging protocol compared with complete arch direct digital scans and conventional dental impressions. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2024;131(2):293–300. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.02.020>
43. Sailer I, Mühlemann S, Fehmer V, Hämmerle CHF, Benic GI. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part I: Time efficiency of complete-arch digital scans versus conventional impressions. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;121(1):69–75. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.04.021>
44. Joensahakij N, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W. The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review. *Evid Based Dent* [Internet]. 2024;25(4):216–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41432-024-01045-z>
45. Jasim AG, Abo Elezz MG, Altonbary GY, Elsyad MA. Accuracy of digital and conventional implant-level impression techniques for maxillary full-arch screw-retained prosthesis: A crossover randomized trial. *Clin Implant Dent Relat Res* [Internet]. 2024;26(4):714–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/cid.13336>
46. Marshaha NJ, Azhari AA, Assery MK, Ahmed WM. Evaluation of the trueness and precision of conventional impressions versus digital scans for the all-on-four treatment in the maxillary arch: An in vitro study. *J Prosthodont* [Internet]. 2024;33(2):171–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jopr.13666>

47. Gartshore J, Glavin C, Jackson G, Bonsor S. Lithium disilicate, full coverage crowns: what is the effect of using conventional impressions compared to digital impression with respect to the internal fit of the restoration? A systematic review. *Evid Based Dent* [Internet]. 2025;26(1):67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41432-024-01075-7>
48. Al-Dulaijan YA, Alalawi H, Gad MM, Al-Qarni FD, Fouda SM, Ellakany P. Trueness and precision of complete denture digital impression compared to conventional impression: an in vitro study. *PeerJ* [Internet]. 2025;13:e19075. Available from: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.19075>
49. Siddaway AP, Wood AM, Hedges LV. How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annu Rev Psychol* [Internet]. 2019;70(1):747–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>

Anexo A

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Onbasi Y, Abu-Hossin S, Paulig M, Berger L, Wichmann M, Matta R-E/ Scientific reports/2022	18	Veracidad de modelos dentales de arcada completa obtenidos mediante técnicas de impresión digitales y convencionales: un estudio in vivo.	Ensayo clínico	Ia	31 participantes adultos (23 mujeres, 7 hombres)	Se tomaron impresiones convencionales de arcada completa del maxilar superior con un material de impresión de poliéter y con un material de silicona de polimerización por adición. Para obtener las impresiones de silicona, la cubeta se llenó primero con el cuerpo pesado, utilizando un dispositivo Pentamix. Tras retirarlo de la boca, el cuerpo pesado curado se preparó para su corrección cortándolo y utilizando un cuchillo de trinchar para crear canales de ventilación uniformes en cada diente del sujeto, logrando un espesor de capa uniforme del cuerpo regular.	Los dispositivos de impresión digital produjeron desviaciones locales más altas dentro de la arcada completa. Las impresiones digitales de la arcada completa son una alternativa adecuada y fiable a las impresiones convencionales. Sin embargo, deben usarse con precaución en la región posterior.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Kalantari MH, Abbasi B, Giti R, Rastegar Z, Tavanafar S, Shahsavari-Pour S./ BMC Oral Health /2023	19	<p>Evaluación clínica del ajuste marginal restauraciones monolíticas de zirconio de tres unidades CAD-CAM no cementadas en áreas anteriores.</p> <p>Utilizando materiales de impresión de polivinilsiloxano escaneables y convencionales</p>	Estudio de casos y controles	3a	10 pacientes	<p>Para cada paciente del primer grupo, se tomó una impresión con una técnica de lavado de masilla en dos pasos utilizando polivinilsiloxano escaneable. En la misma sesión, al igual que en el segundo grupo, se tomó una impresión con polivinilsiloxano convencional</p>	<p>La discrepancia marginal en un método convencional para pilar central en vestibular medio, lingual medio, mesial medio y distal medio fue mayor que en el método escaneable, pero no fue significativa. Las prótesis parciales fijas fabricadas con materiales de impresión tanto escaneables como convencionales no fueron superiores entre sí en cuanto al ajuste marginal para pilares centrales y caninos mediante evaluación a través de la técnica de réplica.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Teramoto Ohara A, Almeida González M, Angulo Preciado S, Teramoto Iida A./ Revista Mexicana de Ortodoncia/2021	20	Exactitud de modelos digitales con base en escáner intraoral comparados con modelos de yeso	Estudio clínico	Ia	15 pacientes (9 Masculinos, 6 Femeninos)	Para cada paciente se realizaron tomas de modelos de estudio con tres diferentes métodos. Con un vernier digital se midieron manualmente los modelos en cinco distancias transversales y se analizaron los resultados con anova para muestras independientes	No existen diferencias estadísticas significativas entre las distancias intercanina superior e inferior, primer premolar superior e inferior, segundo premolar superior e inferior, primer molar superior e inferior, segundo molar superior e inferior. el sistema de escaneo intraoral en conjunto con la tecnología de impresión 3D es un sistema confiable para poder reproducir las discrepancias transversales de las medidas de los maxilares dentales, sin embargo, dependiendo de su uso final deberán tomarse en cuenta otros factores como el tipo de tecnología de impresión 3D para su correcta aplicación clínica.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS/ Revista Internacional de Prosthodontia/2020	221	Precisión de las impresiones digitales en prótesis fija: una Revisión sistemática de estudios clínicos.	Revisión sistemática	Ia		Búsqueda sistemática electrónica en las bases de datos	Aunque todos los autores estuvieron de acuerdo en que las impresiones convencionales eran más precisas que las impresiones digitales in vivo, dieron opiniones diferentes sobre el uso de escáneres intraorales en un contexto clínico sin causar un mal ajuste de la restauración final. Las impresiones convencionales realizadas con materiales de impresión de alta precisión mostraron una mayor precisión que las impresiones digitales.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Palomino Granados RC, Solar Loayza C, Mas López J/ Rev. Estomatol. Herediana vol.3/ 2024	222	Impresiones digitales dentales con escáneres intraorales: una revisión de la literatura.	Revisión narrativa	3a		Artículo de revisión que tiene como objetivo analizar la literatura sobre las diferentes características y propiedades que presentan los escáneres intraorales en la actualidad, así como la evidencia de los posibles beneficios y la precisión de las técnicas de impresión digital frente a las técnicas de impresión convencionales.	Actualmente las impresiones digitales, en comparación con las impresiones convencionales, muestran una excelente precisión y versatilidad, y proporcionan un flujo de trabajo con mayor celeridad, por lo que se las considera aceptables para el uso clínico.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al./ Revista de investigación en prosthodontia /2020	223	Precisión y practicidad del escáner intraoral en odontología: una revisión de la literatura.	Revisión sistemática	Ia		Se basó en artículos consultados en las bases de datos MEDLINE y PubMed.	<p>Se informó que la iluminancia y la temperatura del color afectaron la veracidad y precisión de los escáneres intraorales. La repetibilidad de los escáneres intraorales indicó la posibilidad de producir prótesis fijas dentro del rango de parcialmente edéntulas.</p> <p>Dado que el escáner intraoral es un dispositivo en evolución, se esperan mayores mejoras en la precisión en el futuro.</p> <p>La verificación de la precisión de los escáneres intraorales debe realizarse en consecuencia.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang H-L, et al./ Clinical Oral Investigations/ 2020	224	El escaneo intraoral reduce el tiempo del procedimiento y mejora la comodidad del paciente en prótesis fijas e implantología dental: una revisión sistemática	Revisión sistemática	Ia	17 estudios	Búsquedas bibliográficas electrónicas y manuales para recopilar evidencia sobre los resultados de la IOS y la IC durante el tratamiento de pacientes edéntulos parciales y totales para restauraciones dentosoportadas o implantosoportadas.	Diecisiete estudios (9 ensayos controlados aleatorizados y 8 estudios clínicos prospectivos) fueron seleccionados para la síntesis cualitativa. Los 17 estudios incluidos proporcionaron datos de 430 IOS y 370 IC. Dentro de las limitaciones de esta revisión sistemática, la IOS es más rápida que la IC, independientemente de si se realiza un escaneo de cuadrante o de arcada completa. La IOS puede mejorar la experiencia del paciente, medida según la preferencia y la comodidad generales, y puede proporcionar resultados protésicos fiables.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Carneiro Pereira AL, Bezerra de Medeiros AK, de Sousa Santos K, Oliveira de Almeida É, Seabra Barbosa GA, da Fonte Porto Carreiro/ The Journal of Prosthetic Dentistry/ 2021	225	Precisión de los sistemas CAD-CAM para prótesis parciales removibles Marco de fabricación: una revisión sistemática	revisión sistemática	Ia		Búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline-PubMed, Scopus, Lilacs, Web of Science y Cochrane Library	Un total de 7 artículos, 2 estudios clínicos y 5 estudios in vitro que cumplieron con los criterios de inclusión. Se evaluaron los criterios. Un estudio in vitro comparó la técnica indirecta (extraoral) y la directa (intraoral).
Bandiaky ON, Le Bars P, Gaudin A, Hardouin JB, Cheraud-Carpentier M, Mbodj /The Journal of Prosthetic Dentistry /2022	226	Evaluación comparativa de prótesis fijas dentoportadas de cobertura completa fabricadas a partir de escaneos digitales o impresiones convencionales: una revisión sistemática y metaanálisis	Revisión sistemática y metaanálisis	Ia	16 estudios clínicos	Realizaron una búsqueda bibliográfica basada en el marco Población, Intervención, Comparación y Resultado (PICO) en tres bases de datos para identificar ensayos clínicos sin restricciones de idioma ni fecha.	Un total de 16 estudios clínicos cumplieron los criterios de inclusión. El tiempo clínico medio fue estadísticamente similar para los procedimientos de escaneo digital y para los métodos de impresión convencionales. Las técnicas de escaneo digital resultaron más cómodas para los pacientes que las impresiones convencionales;

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Ma Y, Guo Y-Q, Saleh MQ, Yu H./ Revista de investigación en prosthodontia / 2024	227	Influencia de las condiciones de luz ambiental en el escaneo intraoral: una revisión sistemática	Revisión sistemática	Ia		3 experimentos in vitro	<p>Los estudios informaron tanto la precisión como el tiempo de escaneo de los escaneos intraorales, mientras que los estudios restantes evaluaron exclusivamente la precisión.</p> <p>Es evidente que, a partir del número limitado de estudios realizados, la iluminación ambiental tuvo una influencia considerable en la precisión y el tiempo de escaneo intraoral, lo que pareció estar relacionado con el rango de escaneo y la tecnología de imágenes.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Manisha J, Srivastava G, Das SS, Tabarak N, Choudhury GK / Revista de la Sociedad India de Prótesis Dentales /2023	229	Precisión de la fabricación de coronas cerámicas unitarias después de impresiones digitales versus convencionales: una revisión sistemática y un metaanálisis	revisión sistemática y un metaanálisis	Ia		Se buscaron estudios en las bases de datos en línea PubMed, Scopus y Cochrane	<p>La impresión digital demostró ser mejor que la impresión convencional.</p> <p>Los resultados de los metaanálisis sugieren que no existe una diferencia significativa entre los sistemas de impresión (con una ligera preferencia por la impresión digital). La técnica de impresión digital proporcionó un mejor ajuste marginal e interno de las coronas de cerámica unitarias que la técnica de impresión convencional. El flujo de trabajo digital con IOS proporcionó un ajuste marginal clínicamente aceptable para las coronas unitarias.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Hasanzade M, Aminikhah M, Afrashtehfar KI, Alikhasi M/ The Journal of Prosthetic Dentistry /2021	330	Adaptación marginal e interna de coronas unitarias y prótesis dentales fijas mediante flujos de trabajo digitales y convencionales: Una revisión sistemática y un metanálisis	Revisión sistemática y un metanálisis	Ia	8 ensayos clínicos y 21 estudios in vitro	Se utilizaron las bases de datos PubMed, Cochrane Trials, Scopus y Open Grey para identificar los artículos relevantes	Las técnicas de impresión y fabricación pueden afectar la precisión del ajuste de las restauraciones fijas de cobertura completa. Un flujo de trabajo completamente digital produjo restauraciones con una adaptación marginal comparable o mejor que la de otros métodos.
Cicciù M, Fiorillo L, D'Amico C, Gambino D, Amantia EM, Laino L, et al/MDPI Journals materials /2020	331	Sistemas de impresión digital 3D comparados con técnicas tradicionales en odontología: una revisión sistemática de datos reciente	Revisión sistemática	Ia		La recopilación de datos se realizó en los principales buscadores científicos, incluyendo artículos de los últimos 10 años, para obtener resultados que no se refirieran a técnicas de impresión obsoletas. Se utilizaron fuentes como Elsevier, Pubmed y Embase para la investigación.	Los resultados demostraron cómo el tiempo de trabajo parece mejorar con el flujo de trabajo digital, pero sin un resultado significativo. Sin duda, las técnicas digitales acabarán sustituyendo a las analógicas, mejorando la calidad de las rehabilitaciones orales, la rentabilidad de la práctica dental y la percepción de nuestros pacientes.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Róth I, Czigola A, Fehér D, Vitai V, Joós-Kovács GL, Hermann P, et al./2022/	332	Dispositivos de escáner intraoral digital: un estudio de validación basado en criterios de evaluación comunes	Estudio clínico	2a	12 IOS diferentes	Los IOS que se probaron en este estudio, según su orden de administración, incluyeron el 3Shape Trios 3 Pod.Planmeca Emerald, Straumann DWIO, GC Aadva, iTero Element 2, CEREC® Primescan Medit i500 Trios de 3 formas y 4 movimientos Carestream CS3600, Trios 3Shape de 4 cápsulas Carestream CS3700 y Planmeca Emerald S	El sistema de puntuación refleja las diferencias entre los dispositivos IOS según los parámetros objetivos evaluados y puede utilizarse para ayudar a los profesionales sanitarios a seleccionar el dispositivo IOS adecuado. Las nuevas generaciones de IOS presentan características más específicas y una mayor precisión que las versiones anteriores.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Albanchez-González MI, Brinkmann JC-B, Peláez-Rico J, López-Suárez C, Rodríguez-Alonso V, Suárez-García MJ. MDPI Journals materials /2022	333	Accuracy of digital dental implants impression taking with intraoral scanners compared with conventional impression techniques: A systematic review of in vitro studies.	Revision sistemática	Ia		La búsqueda sistemática se llevó a cabo en las bases de datos electrónicas PubMed, Web of Science y Scopus. No se pusieron límites en la fecha de publicación, por lo que la revisión incluyó informes con fecha del primer artículo disponible hasta el 31 de julio de 2021. Se evaluó la fiabilidad entre revisores obteniendo un coeficiente de Kappa de 0,74 después de la selección por título y de 0,85 después de la lectura del texto completo de los artículos seleccionados por resumen, en el que los valores superiores a 0,8 se consideran un buen nivel de acuerdo	Para las restauraciones soportadas por implantes en casos de EP y SI, la escasa evidencia disponible sugiere que el CI es más preciso. Sin embargo, debido a la menor superposición de imagen requerida y a las distancias más pequeñas entre los implantes, los IOS también se consideran adecuados.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. /Journal of Healthcare Engineering	334	Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression	Artículo de revision	5		Resume primero las tecnologías utilizadas actualmente (proyección de luz, determinación de objetos de distancia y reconstrucción). En la segunda sección, se discuten las consideraciones clínicas de cada estrategia, como el manejo, la curva de aprendizaje, el polvo, las rutas de escaneo, el seguimiento y la calidad de la malla. La última sección está dedicada a la precisión de los archivos y de la relación intermaxilar registrada con IOS, ya que la representación de archivos en la interfaz gráfica de usuario a menudo es engañosa.	Se lleva a la conclusión de que el IOS actual está adaptado para una práctica común, aunque existen diferencias entre las tecnologías empleadas. Un aspecto importante destacado en esta revisión es la reducción en el volumen de hardware que ha llevado a un aumento en la importancia de las tecnologías basadas en software.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Bandiaky ON, Clouet R, Le Bars P, Soueidan A, Le Guehenec L/ Journal of Prosthodontics/2023	335	Marginal and internal fit of five-unit zirconia-based fixed dental prostheses fabricated with digital scans and conventional impressions: A comparative in vitro study.	Estudio in vitro	2a		Se escanearon nueve modelos maestros con tres pilares de zirconio con un escáner intraoral (grupo de prueba) y también se realizaron nueve impresiones convencionales (grupo de control) de estos mismos modelos. Los moldes de yeso de estas impresiones se escanearon con un escáner extraoral de laboratorio.	Las prótesis fijas ortodóncicas de cinco unidades a base de zirconio fabricadas mediante escaneo digital mostraron un mejor ajuste que las del grupo de impresión convencional. A pesar de las limitaciones de este estudio, estos resultados son alentadores, y el continuo progreso en el campo digital debería permitir restauraciones más precisas.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Özsürmeli H, Türker ŞB/ Journal of Prosthodontics/2021	336	In vitro evaluation of the marginal and internal accuracy of different types of dental ceramic restorations fabricated based on digital and conventional impressions.	Estudio in vitro	2a		Se prepararon dientes humanos extraídos no cariado y se realizaron 60 restauraciones utilizando seis métodos diferentes de impresión y fabricación. Se obtuvieron réplicas de silicona para la evaluación del espacio marginal e interno. Se realizaron análisis estadísticos mediante las pruebas U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis	Los valores de espacio marginal e interno de las restauraciones del presente estudio fueron de 31,13 a 90,09 µm. Las discrepancias marginales e internas de los materiales probados se consideraron clínicamente aceptables.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Nagarkar SR, Perdigão J, Seong W-J, Theis-Mahon N./ Journal Am Dent Assoc/ 2019	337	Digital versus conventional impressions for full-coverage restorations: A systematic review and meta-analysis.	Revisión sistemática y un metanálisis	Ia		Los autores realizaron una búsqueda bibliográfica sistemática en múltiples bases de datos para identificar ensayos clínicos sin restricciones por tipo de publicación, fecha o idioma. Los autores evaluaron el riesgo de sesgo a nivel de estudio y la solidez de las pruebas a nivel de resultado. Los autores realizaron un metanálisis utilizando un modelo de efectos aleatorios.	Faltan estudios que permitan extraer conclusiones sólidas sobre las ventajas relativas de los DI en términos de supervivencia de la restauración. Las pruebas de baja calidad para el ajuste marginal y el ajuste interno sugirieron un rendimiento similar para ambas técnicas. La calidad de las pruebas para el contacto interproximal y el contacto oclusal fue muy baja e insuficiente para extraer conclusiones sobre la comparación de las técnicas de impresión. Dada la incertidumbre de las pruebas, los resultados deben interpretarse con cautela

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Berger L, Adler W, Kreuzer MMK, Wichmann M, Matta R-E./ Journal of Prosthodontics/2022	w38	Comparison of digital and conventional impressions based on the 3D fit of crowns.	Estudio in vitro	2a		Se tomaron diez impresiones por técnica a partir de un modelo maestro de cobalto-cromo (Co-Cr) (preparación de chaflán para el primer molar derecho maxilar) para fabricar cofias de corona de Co-Cr. A continuación, se digitalizaron las muestras de prueba, su modelo maestro metálico correspondiente y los modelos de escayola de las impresiones convencionales con el escáner óptico Atos Triple Scanner. El ajuste de las cofias de las coronas dentales se midió en dos y tres dimensiones utilizando software de diseño asistido por ordenador.	<p>El análisis 2D mostró que la distancia marginal absoluta media de las cofias de corona era de 0,026 mm cuando se fabricaban con el método de impresión digital y de 0,038 mm cuando se fabricaban con el método convencional (P = 0,028). Sin embargo, el análisis 3D reveló que el grupo convencional tenía una distancia marginal menor (0,028 mm) en comparación con el grupo digital (0,06 mm; P = 0,015).</p> <p>Este estudio demostró que, en el campo de las prótesis unitarias, las impresiones digitales y el uso de material de impresión escaneable podrían servir como alternativas a los métodos convencionales en el futuro.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Waldecker M, Rues S, Awounvo JS, Rammelsberg P, Bömicke W./ Clinical Oral Investigations/2022	339	In vitro accuracy of digital and conventional impressions in the partially edentulous maxilla. Clin Oral Investig	Estudio in vitro	2a		Se utilizaron IC y ambos escáneres intraorales para tomar 30 impresiones de dos modelos de referencia idénticos. Los IC se vertieron con yeso de tipo 4 y se digitalizaron los modelos cortados con sierra. Los modelos de referencia simulaban un maxilar con seis dientes preparados que alojaban una prótesis parcial fija de arcada cruzada. Se utilizaron los puntos centrales de cinco bolas de precisión y los puntos centrales a nivel del margen de cada diente preparado para detectar cambios en las dimensiones y el eje del diente entre el modelo de referencia y los escaneados.	En DI, las mayores desviaciones (176 µm en OC y 122 µm en PS) se produjeron en el arco transversal. En el caso de CI, la mayor desviación (118 µm) se produjo en el segmento anterior. Para distancias más cortas de hasta un cuadrante, DI fue superior a CI. Para distancias de escaneado más largas, la DI era comparable (2 sextantes y segmento anterior) o inferior (arco transversal) a la CI. Las desviaciones verticales y del eje del diente fueron significativamente menores para la IC que para la DI (p < 0,001).

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>El método de impresión afectó a la precisión de la impresión de un maxilar parcialmente desdentado con dientes preparados. El DI se recomienda para exploraciones de hasta un cuadrante. Los volúmenes de escaneado mayores aún no son adecuados para fabricar una prótesis parcial fija debido a la elevada dispersión de los valores de precisión.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
El Osta N, Drancourt N, Auduc C, Veyrune J-L, Nicolas E./ Journal of Dentistry/2024	440	Accuracy of conventional impressions and digital scans for implant-supported fixed prostheses in maxillary free-ended partial edentulism: An in vitro study.	Estudio in vitro	2a		Consistió en la impresión de un modelo maxilar con edentulismo parcial de extremo libre, en el que se colocaron seis implantes antes de su digitalización mediante un escáner de sobremesa para generar un modelo digital de referencia	La desviación media de la distancia fue significativamente mayor en las impresiones convencionales ($454,24 \pm 334,70 \mu\text{m}$) que en las IOS (oscilando entre $160,98 \pm 204,48 \mu\text{m}$ y $255,56 \pm 395,89 \mu\text{m}$) ($p < 0,001$). La desviación angular media fue alta con las impresiones convencionales ($1,82 \pm 1,51^\circ$), intermedia con los escáneres CS 3600 ($1,38 \pm 1,42^\circ$), Primescan ($1,37 \pm 2,54^\circ$) y Trios 4 ($1,30 \pm 0,64^\circ$), e inferior con los escáneres I500 ($0,97 \pm 0,75^\circ$) y Trios 3 ($1,01 \pm 0,85^\circ$) ($p < 0,001$).

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>Dentro de los límites del presente estudio, el escáner Trios 3 mostró la mayor precisión, seguido de i-500, Trios 4, CS 3600, Primescan e impresiones convencionales, respectivamente. Las IOS podrían ser fiables para la fabricación de una prótesis implantosoportada. Se requieren estudios in vivo para confirmar estos resultados.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Ke Y, Zhang Y, Wang Y, Chen H, Sun Y./ Journal of Dentistry/ 2023	441	Comparing the accuracy of full-arch implant impressions using the conventional technique and digital scans with and without prefabricated landmarks in the mandible: An in vitro study	Estudio in vitro	2a		Un modelo de yeso mandibular edéntulo con análogos de pilares de implantes y cuerpos de escaneado en los IED #46, #43, #33 y #36 sirvió como modelo maestro. Las exploraciones capturadas con escáneres intraorales (IOS) se dividieron en cuatro grupos: IOS-NT (sin puntos de referencia + escáner Trios 4), IOS-NA (sin puntos de referencia + escáner Aoralscan 3), IOS-YT (puntos de referencia + escáner Trios 4) e IOS-YA (puntos de referencia + escáner Aoralscan 3) (n=10). Los puntos de referencia se fijaron a los cuerpos de exploración con resina para mejorar la fluidez de la exploración. Se realizó la técnica convencional con férula	<p>En comparación con el grupo CNV, los grupos IOS-NA e IOS-NT mostraron una mayor exactitud global de la distancia (p=0,009) y precisión (distancia, p<0,001 y angular, p<0,001). Con los puntos de referencia, el grupo IOS-YA tuvo una mayor precisión general (distancia, p<0,001 y angular, p<0,001) que el grupo IOS-NA, y el grupo IOS-YT tiene una mayor precisión de distancia (p=0,041) que el grupo IOS-NT.</p> <p>Los escaneados digitales fueron más precisos que las impresiones convencionales con férula abierta. Los puntos de referencia prefabricados mejoraron significativamente la precisión de los escaneados digitales de implantes de arcada completa, independientemente del escáner utilizado.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						abierta (CNV) con las estructuras de férula impresas en 3D (n=10). El modelo maestro y los modelos convencionales se escanearon con un escáner de laboratorio, y el primero sirvió como modelo de referencia.	

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Jelicich A, Scialabba R, Lee SJ. Journal of Dentistry/ 2024	442	Positional trueness of abutments by using a digital die-merging protocol compared with complete arch direct digital scans and conventional dental impressions	Estudio in vitro	2a		Se escaneó un modelo de referencia impreso en 3D con un escáner de sobremesa y se obtuvieron conjuntos de datos de lenguaje de teselación estándar (STL) de referencia. El modelo de referencia se utilizó para generar 4 grupos no fusionados (NM) y 2 grupos fusionados con muñón (DM). En los grupos NM (n=10), se realizó un escaneado digital directo del modelo de referencia con un IOS (NM-IOS), la impresión PVS del modelo de referencia se digitalizó utilizando un escáner de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (NM-PVS-CBCT) o un escáner de sobremesa (NM-PVS-DESK), y el modelo de yeso realizado a partir de la impresión PVS se	<p>Los grupos NM-STONE y NM-PVS-DESK demostraron la mayor fidelidad posicional, con desviaciones globales de 19,6 y 17,7 μm, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas (P>.999). Sin embargo, tanto los grupos NM-IOS como NM-PVS-CBCT difirieron significativamente del grupo NM-STONE (P<.001 y P=.003, respectivamente) y del grupo NM-PVS-DESK (P<.001 y P=.004, respectivamente). En los grupos DM, el grupo DM-PVS-CBCT presentó una desviación mayor que el grupo DM-PVS-DESK.</p> <p>Las exploraciones digitales de arcada completa de impresiones PVS digitalizadas con un escáner de sobremesa mostraron una menor desviación posicional que las digitalizadas con un escáner CBCT o las</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						digitalizó utilizando un escáner de sobremesa (NM-STONE).	exploraciones digitales de arcada completa generadas con un IOS. Los escaneados digitales de arcada completa generados con un escáner IOS y CBCT presentan más desviaciones en las regiones posteriores, y su veracidad posicional puede no ser suficiente para construir un escaneado digital preciso.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Sailer I, Mühlemann S, Fehmer V, Hämmerle CHF, Benic GI. Journal of Dentistry/ 2023	443	Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic fixed partial dentures. Part I: Time efficiency of complete-arch digital scans versus conventional impressions.	Estudio in vitro	2a		Se incluyeron diez participantes que necesitaban una prótesis parcial fija de 3 unidades con soporte dental posterior. Se compararon tres escáneres digitales intraorales y los consiguientes flujos de trabajo (Lava C.O.S.; 3M [Lava], iTero; Align Technology Inc [iTero], Cerec [®] Bluecam; Dentsply Sirona Cerec [®]) con el método de impresión convencional utilizando poliéster (Permadyne; 3M) y el flujo de trabajo convencional. Se utilizó una lista de aleatorización generada por ordenador para determinar la secuencia de los procedimientos de impresión probados para cada participante.	El tiempo total para las impresiones de arcada completa, incluyendo la preparación (empolvado) y el registro oclusal, fue menor para la impresión convencional que para los escáneres digitales (Lava 1091 ±523 segundos, iTero 1313 ±418 segundos, Cerec [®] 1702 ±558 segundos, convencional 658 ±181 segundos). La diferencia fue estadísticamente significativa para 2 de los 3 escáneres digitales (iTero P=.001, Cerec [®] P<.001). Los clínicos prefirieron la impresión convencional a los escáneres digitales. De los sistemas de escaneado, el sistema sin necesidad de empolvado fue preferido a los sistemas con empolvado. Ningún método de impresión fue claramente preferido sobre los demás por los participantes.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							<p>En el caso de las impresiones de arcada completa, los procedimientos de impresión convencionales fueron objetivamente menos lentos y subjetivamente preferidos tanto por los clínicos como por los participantes frente a los procedimientos de escaneado digital.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Joensahakij N, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W/ Evidence-Based Dentistry/ 2024	444	The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review.	Revision sistematica	Ia		Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos MEDLINE (PubMed, Scopus y Cochrane) siguiendo las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA). La revisión incluyó estudios in vitro publicados entre enero de 2000 y enero de 2024 que comparaban la precisión de las técnicas de impresión de implantes digitales y convencionales. Se realizaron análisis descriptivos con los datos extraídos de cada estudio.	Veintitrés estudios in vitro cumplieron los criterios de inclusión. De ellos, dieciocho utilizaron escáneres intraorales y cinco emplearon fotogrametría. Doce estudios concluyeron que las técnicas digitales eran más precisas que los métodos convencionales, seis hallaron que las técnicas convencionales eran más precisas y cinco informaron de una precisión comparable entre ambos métodos. Dentro de las limitaciones de los estudios incluidos, la técnica digital de impresión de implantes fue generalmente más precisa que los métodos convencionales para las prótesis implantosoportadas de arcada completa. Esta revisión sugiere que las investigaciones futuras deberían utilizar metodologías estandarizadas e informar de resultados de precisión

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							coherentes para permitir la inclusión de más estudios en un metanálisis.
Jasim AG, Abo Elezz MG, Altonbary GY, Elsyad MA/ Clinical Implant Dentistry and Related Research / 2024	445	Accuracy of digital and conventional implant-level impression techniques for maxillary full-arch screw-retained prosthesis: A crossover randomized trial. C	Ensayo aleatorio	2B		Doce participantes con crestas maxilares edéntulas atrofiadas recibieron seis implantes. Seis meses después y tras la maduración del tejido blando alrededor de los pilares de cicatrización, se construyó un modelo de control utilizando la restauración pasiva definitiva para cada paciente. Se realizaron dos tipos de técnicas de impresión a nivel de paciente: (1) técnica de impresión convencional (cubeta abierta ferulizada) y (2) técnica de impresión digital. Para ambas técnicas, se etiquetaron los cuerpos de escaneado desde el implante más distal del lado izquierdo (A, B, C, D, E y F) y se realizó el	Para todas las distancias, las impresiones digitales registraron una desviación significativamente mayor respecto a las mediciones de control que las impresiones convencionales. La mayor desviación lineal bidimensional se observó para la distancia AF y la menor diferencia se observó para la distancia AB. Para todos los cuerpos de escaneado, las impresiones digitales registraron una desviación tridimensional significativamente mayor que las impresiones convencionales. La mayor desviación tridimensional se observó con los cuerpos de escaneado C y D. Las impresiones digitales registraron una incidencia significativamente mayor de estructuras no pasivas y desajustes de estructuras que

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						<p>escaneado. La precisión de ambas técnicas se midió con métodos in vitro (bidimensional y tridimensional) e in vivo (clínico).</p>	<p>las impresiones convencionales.</p> <p>Dentro de las limitaciones de este estudio, se puede concluir que la técnica de impresión convencional a nivel de implante mostró una mayor precisión in vitro e in vivo que la técnica de impresión digital cuando se utilizó para restauraciones fijas maxilares de arcada completa sobre implantes inclinados.</p>
<p>Marshaha NJ, Azhari AA, Assery MK, Ahmed WM/ Journal of Prosthodontics/2024</p>	<p>446</p>	<p>Evaluation of the trueness and precision of conventional impressions versus digital scans for the all-on-four treatment in the maxillary arch: An in vitro study</p>	<p>Estudio in vitro</p>	<p>2a</p>		<p>Se fabricó un modelo de arco maxilar edéntulo con cuatro implantes colocados en un diseño «todo sobre cuatro». Se obtuvieron escaneados intraorales de superficie (n = 10) utilizando un escáner intraoral tras la inserción del cuerpo de escaneado. Para las impresiones convencionales de polivinilsiloxano del modelo, se insertaron cofias de implante en la</p>	<p>No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de impresión convencional y de exploración de superficie intraoral $F(1, 76) = 2,705, p = 0,104$. No se encontraron diferencias significativas entre los implantes rectos convencionales y los rectos digitales, ni entre los implantes convencionales y los inclinados digitales $F(1, 76) = 0,041, p = 0,841$. No se encontraron diferencias significativas entre los</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						<p>fijación del implante para impresiones a nivel de implante, con cubeta abierta (n = 10). El modelo y las impresiones convencionales se digitalizaron para obtener archivos digitales. Se creó un archivo de referencia utilizando un archivo de lenguaje de teselación estándar (STL) convencional escaneado en laboratorio con análogo para escanear el cuerpo utilizando el software exocad. Los conjuntos de datos STL de los dos grupos de impresiones digitales y convencionales se superpusieron con los archivos de referencia para evaluar las desviaciones 3D.</p>	<p>implantes convencionales rectos y los convencionales inclinados $p = 0,07$ y entre los implantes digitales rectos y los digitales inclinados $p = 0,08$.</p> <p>Las impresiones digitales fueron más precisas que las convencionales. Los implantes rectos digitales fueron más precisos que los implantes rectos convencionales, y los implantes inclinados digitales fueron más precisos que los implantes inclinados convencionales, con mayor precisión para los implantes rectos digitales.</p>

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
Gartshore J, Glavin C, Jackson G, Bonsor S./ Evidence-Based Dentistry/2025	447	Evaluation of the trueness and precision of conventional impressions versus digital scans for the all-on-four treatment in the maxillary arch: An in vitro study.	Estudio in vitro	2a		Se hicieron búsquedas en Ovid Medline, Cochrane y PUBMED y el protocolo de revisión siguió el Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas (PROSPERO) (CRD42023379908) y se guió por The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). El coeficiente Kappa de Cohen confirmó la concordancia de los datos. Se utilizó la herramienta revisada Cochrane de Riesgo de Sesgo para evaluar los ensayos controlados aleatorios y el Índice Metodológico para los ensayos controlados no aleatorios.	De los seis estudios in vivo, tres concluyeron que las técnicas digitales mejoraban el ajuste interno con respecto a sus homólogas convencionales. Dos concluyeron que no había diferencias significativas y uno indicó que la técnica digital producía un ajuste interno inferior. De los ocho estudios in vitro, dos concluyeron que las técnicas digitales eran superiores, dos concluyeron que las técnicas digitales eran inferiores y cuatro no encontraron diferencias significativas. La heterogeneidad significativa entre los estudios limita el potencial de cualquier revisión sistemática del ajuste interno de las coronas dentales cuando se comparan las impresiones convencionales y ópticas. Esta revisión sistemática indica que la metodología

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
							digital es comparable a la de las impresiones convencionales.
Al-Dulaijan YA, Alalawi H, Gad MM, Al-Qarni FD, Fouda SM, Ellakany P./ Peer Journal /2025	448	Trueness and precision of complete denture digital impression compared to conventional impression: an in vitro study.	Estudio in vitro	2a		Se realizaron un total de 40 impresiones de un modelo de arco maxilar completamente edéntulo (n = 10) utilizando diferentes impresiones digitales con un escáner extraoral, escáner de sobremesa E3 3Shape, como escáner de referencia, escáner intraoral (TRIOS IOS, y Medit IOS) e impresiones de polisiloxano vinílico (VPS) utilizando una cubeta personalizada de diseño asistido por ordenador y fabricación asistida por ordenador (CAD-CAM). La impresión VPS se escaneó con el escáner de sobremesa para producir archivos de lenguaje de teselación estándar (STL) para su	En cuanto a la veracidad global, Medit presentó la mayor desviación en comparación con los grupos VPS y TRIOS, con un valor P de 0,0013 y <0,0001, respectivamente. En cuanto a la precisión global, TRIOS tuvo una desviación menor que el grupo VPS, con un valor P de 0,0002. Los grupos TRIOS y Medit obtuvieron resultados estadísticamente comparables. El escáner de sobremesa mostró la mayor precisión en la digitalización de casos completamente desdentados, seguido del escáner TRIOS. La veracidad del escáner Medit presentó la mayor desviación en comparación con los grupos VPS y TRIOS.

Autor / Revista / Año	Re	Título del artículo	Tipo de estudio	Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados y Conclusiones
						<p>comparación con las impresiones digitales realizadas por los escáneres de sobremesa e intraorales. Los archivos STL se superpusieron a un escaneado de sobremesa y entre sí con el mismo grupo utilizando el software Geomagic Control X para evaluar la veracidad y la precisión, respectivamente. Se realizó una prueba t para el análisis estadístico con un nivel de significación de 0,05.</p>	
	3						