

**EXACTITUD DE LAS IMÁGENES DIGITALES OBTENIDAS POR DOS
MÉTODOS DE IMPRESIÓN DENTAL- ESCÁNER EXTRAORAL [inEos
X5®] e INTRAORAL [CEREC Primescam®] - EN MOLARES
INFERIORES CON PREPARACION PARA CORONA COMPLETA SIN
DIENTES ADYACENTES- FASE 1**

María Fernanda Montealegre Zuluaga

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
PROGRAMA DE PROSTODONCIA- FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
BOGOTA DC- AGOSTO 2021**

HOJA DE IDENTIFICACION

Universidad	El Bosque
Facultad	Odontología
Programa	Posgrado de Prostodoncia
Título:	Exactitud de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos de impresión dental- escáner extraoral [Ineos X5®] e intraoral [CEREC Primescam®] - en molares inferiores con preparación para corona completa sin dientes adyacentes- fase 1
Grupo de investigación:	Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica Oral UNIECLO
Línea de investigación:	Odontología digital
Tipo de investigación:	Posgrado/grupo
Instituciones participantes	Laboratorio odontología digital – Prostodoncia UEB
Estudiantes:	María Fernanda Montealegre Zuluaga
Director:	Dr. José Leonardo Pérez
Codirector	Dra. Martha Cecilia Tamayo Muñoz
Asesor metodológico:	Dra. Martha Cecilia Tamayo Muñoz
Análisis y asesor estadístico	Dr. David Augusto Díaz Báez
Evaluable	Ing. Brayan Sarmiento

DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE

OTTO BAUTISTA GAMBOA	Presidente del Claustro
JUAN CARLOS LÓPEZ TRUJILLO	Presidente Consejo Directivo
MARIA CLARA RANGEL GALVIS	Rector(a)
RITA CECILIA PLATA DE SILVA	Vicerrector(a) Académico
FRANCISCO JOSÉ FALLA CARRASCO	Vicerrector Administrativo
MIGUEL OTERO CADENA	Vicerrectoría de Investigaciones.
CRISTINA MATIZ MEJÍA	Secretaria General
JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS	División Postgrados
MARIA ROSA BUENAHORA TOVAR	Decana Facultad de Odontología
MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL	Secretaria Académica
DIANA MARIA ESCOBAR JIMENEZ	Director Área Bioclínica
ALEJANDRO PERDOMO RUBIO	Director Área Comunitaria
JUAN GUILLERMO AVILA ALCALA	Coordinador Área Psicosocial
INGRID ISABEL MORA DIAZ	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
IVAN ARMANDO SANTACRUZ CHAVES	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología
EDGAR RENE ROJAS BENAVIDEZ	Director Programa de Prostodoncia
JOSE LEONARDO PÉREZ HERNANDEZ	Coordinador Programa de Prostodoncia

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

GUÍA DE CONTENIDO

Resumen

Abstract

Págs.

Introducción

2. Marco teórico

3. Planteamiento del problema

4. Justificación

5. Situación Actual

6. Objetivos

7. Metodología del Proyecto

7.1. Tipo de estudio

7.2. Población y muestra (Criterios de selección y exclusión)

7.3. Métodos y técnicas para la recolección de la información

7.4 Plan de tabulación y análisis.

8. Consideraciones éticas.

9. Resultados

10. Referencias

6

27

32

33

35

36

36

36

38

48

49

50

55

LISTADO DE TABLAS

		Págs.
Tabla 1	Evaluación de distorsión de materiales de impresión. Diseñada por Martha Tamayo. Recolección de datos realizada por Montealegre & Alfaro, 2021.	13
Tabla 2	Evaluación de la distorsión de las impresiones tomadas con los diferentes tipos de escáneres extraorales. Diseñada por Martha Tamayo. Recolección de datos realizada por Montealegre & Alfaro, 2021.	23
Tabla 3	Evaluación de la distorsión de las impresiones tomadas con los diferentes tipos de escáneres intraorales. Diseñada por Martha Tamayo. Recolección de datos realizada por Montealegre & Alfaro, 2021.	24
Tabla 4	Métodos utilizados para la evaluación de los cambios dimensionales de las imágenes obtenidas por diferentes escáneres. Diseñada por Martha Tamayo. Recolección de datos realizada por Montealegre & Alfaro, 2021.	25
Tabla 5	Descripción de las tres condiciones evaluadas. Diseñada por Martha Tamayo. Registro de datos realizado por Montealegre & Alfaro, 2021.	37
Tabla 6	Indicadores de medición – ángulos de líneas terminales. Diseñada por Martha Tamayo. Registro de datos realizado por Montealegre & Alfaro, 2021.	44

LISTADO DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1	Programa de diseño Solid Edge 2020. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 45
Figura 2	Ubicación del modelo en el sistema de coordenadas. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 45
Figura 3	Vista vestibulolingual en superficie mesial para evaluación de ángulos mesiales. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 45
Figura 4	Vista mesodistal en superficie vestibular para evaluación de ángulos vestibulares. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 46
Figura 5	Vista mesodistal en superficie lingual para evaluación de ángulos linguales. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 46
Figura 6	Vista vestibulolingual en superficie distal para evaluación de ángulos distales. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 46
Figura 7	Medidas para la estandarización de la posición de la línea de referencia. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 46
Figura 8	Marcación de líneas de referencia para la formación del ángulo. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 47
Figura 9	Medición del ángulo a evaluar mediante la función –Smart dimensión-Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 47
Figura 10	Matriz de silicona para estandarización de preparación para corona completa cerámica. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 50
Figura 11	Preparación para corona completa cerámica evaluada con la matriz de silicona. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 50
Figura 12	Preparación para corona completa cerámica de diente Nissin #46 con fresa troncocónica de halo azul. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 51
Figura 13	Modelo Nissin con CEREC Optispray en su superficie. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 51
Figura 14	Escaner intraoral Primescan Dentsply SIRONA. Imagen tomada de web oficial de Dentsply Sirona. 52
Figura 15	Silicona de adición Panasil. Imagen tomada de web oficial de kettenbach dental. 52
Figura 16	Yeso tipo 4 Silky Rock. Imagen tomada de web oficial de Whip mix. 53
Figura 17	Escaneo con InEos X5. Imagen tomada de web oficial de Dentsply Sirona. 53
Figura 18	Triplicación y codificación de archivos para calibración. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 53
Figura 19	Representación de los ángulos a evaluar –externo e interno de la línea de terminación. Realizada por Montealegre & Alfaro, 2021. 54
Figura 20	Medición de los diferentes ángulos en programa de diseño 3D Solid Edge, 2020. Tomada por Montealegre & Alfaro, 2021. 54

RESUMEN

EXACTITUD DE LAS IMÁGENES DIGITALES OBTENIDAS POR DOS MÉTODOS DE IMPRESIÓN DENTAL- ESCÁNER EXTRAORAL [INEOS X5®] E INTRAORAL [CEREC PRIMESCAM®] - EN MOLARES INFERIORES CON PREPARACIÓN PARA CORONA COMPLETA SIN DIENTES ADYACENTES- FASE 1

Antecedentes: Actualmente la odontología digital ofrece dos métodos para obtener una impresión dental; el escaneo extraoral que requiere previamente una impresión convencional y la obtención de un modelo en yeso el cual es escaneado y la otra, que usa un dispositivo de escaneo intraoral. Se han realizado algunos estudios para determinar la exactitud de estos métodos de impresión, sin embargo, aún se encuentran factores que afectan dicha exactitud como por ejemplo la posición de la línea terminal con respecto al margen gingival y la presencia de dientes adyacentes, los cuales no han sido evaluados con las últimas versiones de dichos escáneres. **Objetivo:** Evaluar la exactitud de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos de escaneo -intraoral y extraoral- de los ángulos formados en la línea terminal de la preparación para corona completa cerámica ubicada de manera yuxta, sub y supra gingivalmente, sin diente adyacente. **Metodología:** Se realizó un estudio experimental in vitro con análisis de concordancia, donde se utilizó una muestra probabilística para exactitud de 50 modelos Nissin® por cada una de las 3 condiciones evaluadas (línea terminal yuxta, sub y supra gingival), los cuales fueron escaneados con cada una de las técnicas de impresión evaluadas. Como estándar de oro se utilizaron las imágenes de 50 modelos con las 3 condiciones establecidas, escaneadas directamente con el escáner extraoral **INEOS X5**. Los archivos *.stl obtenidos de los escaneos fueron importados al programa de diseño 3D Solid Edge versión 2020 para realizar la medición de los ángulos- interno y externo- de las líneas terminales de cada cara del diente. **Resultados:** En esta 1ª fase se realizaron las preparaciones dentales y se tomaron todas las impresiones- tanto las del estándar de oro como de las dos técnicas evaluadas. Se realizó un estudio piloto con el fin de calibrar al evaluador. Los datos de la calibración del examinador se reportaron en grados (°) y se analizaron mediante el ICC ($p > 0,05$). El evaluador obtuvo un ICC de 0.99 a 1

Palabras claves: Concordancia, exactitud, escáner intraoral, escáner extraoral, impresión digital.

ABSTRACT

TRUENESS OF DIGITAL IMAGES OBTAINED BY TWO DENTAL IMPRESSION METHODS: EXTRAORAL SCANNER (INEOS X5®) AND INTRAORAL (CEREC PRIMESCAM®) OF MANDIBULAR MOLARS PREPARED FOR A COMPLETE CROWN WITHOUT ADJACENT TEETH – PHASE I

Background: Digital dentistry includes two methods for dental impressions: extra-oral scan which requires a previous conventional impression with a scanned cast model and an intra-oral scanning device. There have been studies aimed at determining the trueness of these impression methods; however, there are still factors which affect said condition such as the terminal edge regarding the marginal gingiva and the presence of adjacent teeth which have not been evaluated with the latest version of the scanners. **Objective:** To evaluate the trueness of the digital images obtained by both scan methods – intra-oral and extra-oral – of the angles formed along the terminal edge of the preparation for complete crown located next to, sub and supra-gingival without an adjacent tooth. **Methodology:** An experimental in vitro study of accuracy analysis with a probabilistic sample for the trueness of 50 models Nissin® for each of the three evaluated conditions which were scanned with the assessed impression techniques. The gold standard were the images with the mentioned conditions established and scanned directly with the extra-oral scanner **INEOS X5**. The files *.stl files were uploaded to Solid Edge 3D version 2021 for the internal and external angles of the terminal edges of each tooth. **Results:** This first phase included the dental preparations and all the impressions – gold standard and two evaluated techniques. A pilot study was carried out for the calibration of the evaluator, with data reported in degrees (°) and analysed with CCI ($p>0.05$). The evaluator obtained an CCI of 0.9 to 1

Key words: accuracy, trueness, intra-oral scanner, extra-oral scanner, digital impression.

1. INTRODUCCION

Las primeras referencias de impresiones en odontología se registran a mediados del siglo XVII, donde se realizaron impresiones en cera para reproducir partes de la mandíbula o más adelante en 1756, de obtener impresiones con un molde de yeso de una mandíbula edéntula con 2 piezas de cera. De ahí, se utilizaron diferentes materiales para impresiones en odontología como lo fue la pasta de impresión de óxido de zinc-eugenol, Los hidrocoloides reversibles que se introdujeron en 1925, seguidos de los hidrocoloides irreversibles disponibles en 1941. En 1953, el polisulfuro se usó como material de impresión junto con las siliconas de condensación. A fines de la década de 1960 se introdujo el poliéter y en la década de 1970 el polivinil siloxano (PVS). (Punj *et al.*, 2017).

En odontología, la tecnología CAI/CAD/CAM se ha utilizado desde la década de 1980 para realizar restauraciones, coronas, prótesis dentales fijas y es utilizada cada vez más por odontólogos y técnicos dentales. La marca "CEREC" fue el primer sistema CAD/CAM utilizado en los consultorios odontológicos y fue lanzado al mercado en 1987 y fue diseñado inicialmente para la fabricación de restauraciones de cerámica estética. (Ahlholm *et al.*, 2017)

Los sistemas digitales utilizados en odontología están compuestos básicamente por tres componentes principales que son: Un dispositivo que refleja la preparación de los dientes y los tejidos adyacentes a este y que es responsable de la digitalización de datos espaciales (CAI –Computer Aided Inspection); un componente que consiste en una computadora que planea y calcula la forma de las restauraciones, equivalente al área de CAD; y por último de una máquina fresadora controlada numéricamente que desde la forma base diseñada produce restauración dental y que corresponde al CAM. (Susic *et al.*, 2017)

El proceso CAI se puede realizar mediante dos tipos de escáneres: los escáneres intraorales y extraorales, Los primeros que son escáneres ópticos y se pueden separar en dos tipos: cámaras de una sola imagen que registran imágenes individuales de las estructuras dentales o que para obtener imágenes de áreas más grandes de la dentición, se graban una serie de imágenes individuales superpuestas de manera que el programa

de software puede ensamblarlas en un modelo virtual tridimensional más grande. La cámara está posicionada en diferentes ángulos para asegurar que la grabación sea precisa por debajo de la altura del contorno que se ocultaría de la cámara si solo se obtuviera una vista oclusal. Aquellas áreas no visualizadas por la cámara en las imágenes superpuestas serían extrapoladas por el programa de software para completar las áreas de datos faltantes en el modo virtual; y en cámaras de video utilizadas por el escáner de definición verdadera. (Alghazzawi, 2016)

Por otro lado, se encuentran los escáneres extraorales que requieren de una impresión análoga para la obtención de un modelo en yeso que será el objeto a obtener la imagen. En éstos sistemas el objeto a escanear es fijado dejándolo inamovible sobre el brazo del escáner que sin embargo, éste en su conjunto podrá realizar diferentes movimientos que permiten el escaneo de todas las superficies del modelo, lo que genera un mayor tiempo de escaneo comparado con los escáneres intraorales. (Susic *et al.*, 2019)

El método para la obtención de la imagen varía dependiendo de cada sistema pero siempre teniendo como objetivo la adquisición de una nube de puntos geométricos de muestreo que se ubican sobre la superficie del objeto para reconstruir el volumen. Estas pueden ser mediante el escaneo por contacto, por láser o por luz estructurada. (Montagna y Barbesi, 2013)

Los escáneres por contacto se caracterizan por la presencia de una sonda de tanteo, colocada sobre un aparato accionado por motores, que mueven el modelo y la sonda, sin embargo presenta desventajas como el mayor tiempo de escaneo lo que genera que el contacto permita que se corra el riesgo de alterar el modelo, en promedio, leen un punto cada 0,2 mm, debido al diámetro de la esfera de la esfera de rubí montada sobre la cabeza del tanteador, y la superficie entre los dos puntos cercanos. (Montagna y Barbesi, 2013)

El escáner láser mueve un proyector láser recorriendo toda la superficie y disparando una serie de fotogramas con óptimos resultados de precisión donde, la luz va a ser producida por el emisor, posteriormente va a pasar por el espejo rotatorio que le dará la dirección necesaria para que llegue al objeto y estas emisiones se van a dirigir al receptor. (Montagna y Barbesi, 2013)

El escáner de luz estructurada aprovecha las propiedades ópticas de algunos materiales semi-conductores para producir fotones de luz visible a través del fenómeno de emisión espontánea cuando son polarizados. Presentan características favorables por duración de funcionamiento, escaso mantenimiento, cromaticidad restringida y para la fuente puntiforme. (Montagna y Barbesi, 2013)

Esta luz es visible, de onda corta y de elevada frecuencia LED, además, utiliza rayos luminosos con un esquema de patrón codificado y donde el marcador óptico cubre totalmente al modelo y se varía la posición de la luz y con cada posición del escáner se ejecuta una toma diferente. Los píxeles de la imagen pueden ser utilizados para determinar la forma del objeto. (Montagna y Barbesi, 2013)

La fase CAD, abarca todo lo relacionado al proceso de diseño asistido por ordenador, donde se realizan manipulaciones digitales de la imagen, por ejemplo para el registro del color dental, una mejor evaluación de la cantidad de gris (valor) del diente, dar morfología, funcionalidad y estética a las restauraciones o prótesis que están siendo creadas. (Pradíes, 2018)

Tras la fase de diseño, llega la fase de fabricación o producción de la restauración o prótesis. El archivo digital 3D logrado mediante los softwares de diseño necesita ser producido. Para ello, existen dos tecnologías disponibles en la actualidad como lo son las técnicas de fabricación por sustracción dentro de las cuales están el fresado, la electro erosión y la ablación láser, tecnología en la cual la odontología se ha fundamentado últimamente para fresar mediante máquinas CNC (de control numérico por ordenador) que están presentando estándares de precisión superiores comparados con las técnicas convencionales de colados; y técnicas de fabricación aditivas como lo son la estereolitografía (SLA), modelado por deposición fundida (FDM), deposición directa de metal (DMD), sinterización láser selectiva (SLM) y fundido selectivo por haz de electrones (DBM), siendo la tecnología SLA con Láser y la tecnología DLP son las más utilizadas en odontología mediante esta técnica para trabajar con polímeros, con ellas se están imprimiendo modelos, férulas de cirugía guiada, provisionales, etc. Ya con niveles de del orden de las 15-30 micras para las de mejor precisión. (Pradíes, 2018)

Existen tres diferentes maneras para realizar las restauraciones mediante sistemas CAD/CAM como lo son: Chairside; técnica que se basa en la utilización de unidades de captación que incluyen en su propia dotación un software de diseño CAD, junto con un software CAM asociado a una unidad clínica de fresado. Lab-side que se basa en tener únicamente la unidad de captación y posteriormente enviar el archivo digital obtenido para su utilización en un software CAD de laboratorio y una unidad de producción CAM por fresado o por impresión 3D o con la técnica hybrid-side donde se obtiene un modelo mediante impresión convencional el cual es llevado al laboratorio para realizar la impresión con escáner extraoral para el posterior diseño y manufactura de la restauración. (Susic *et al.*, 2017; Pradíes, 2018)

Los sistemas digitales pueden clasificarse en sistemas abiertos y cerrados según el intercambio de datos. Los sistemas cerrados ofrecen todos los procesos CAI/CAD/CAM, incluidos la adquisición de datos, el diseño virtual y la fabricación de restauración por la misma empresa. Además, todos los pasos están integrados en un sistema, y no hay intercambiabilidad entre los diferentes sistemas de otras compañías. Los sistemas abiertos permiten la adopción de los datos digitales originales por software CAD y dispositivos CAM de diferentes compañías. (Alghazzawi, 2016)

La odontología convencional genera nueva información cada año y la odontología digital cada vez más se establece y se vuelve más influyente. Por tal motivo, los odontólogos deben estar actualizándose frente a las nuevas tecnologías sin dejar de lado los materiales convencionales y las técnicas probadas que siguen siendo ampliamente utilizados. (Punj *et al.*, 2017)

En la actualidad, los sistemas digitales ya están inmersos en la odontología moderna ya sea en casos de baja, media o alta complejidad

Los escáneres extraorales tienen hoy en día un claro uso en los laboratorios de prótesis y son capaces de digitalizar modelos e impresiones mediante diferentes sistemas como el óptico y el táctil, este último presenta algunas limitaciones relacionadas con el tamaño del captador así como con la velocidad de escaneado. Los sistemas de registro óptico extraoral, son más rápidos pero no llegan al nivel de precisión de los escáneres táctiles en algunos tipos de mediciones. Los de tipo ópticos están hoy en una precisión

que oscila entre las 6 y las 12 micras en muchos casos, que se considera suficiente para casi todo tipo de trabajos, excepto aquellos en los que están implicados un gran número de implantes para grandes prótesis atornilladas. En estos casos, casi todos los centros de fresado o laboratorios de gran producción CAD/CAM tienen siempre asociado un escáner táctil. (Pradíes, 2018)

Actualmente, la fiabilidad de los escáneres intraorales se puede garantizar, incluso con mejores resultados que los obtenidos por impresiones convencionales con hidrocoloides o elastómeros para aquellas preparaciones protésicas escaneadas en ausencia de sangre, saliva y con márgenes visibles. (Pradíes, 2018)

En general, a día de hoy las limitaciones de los escáneres intraorales se establecen en la obtención de arcos completos en los que se implican un gran número de restauraciones sobre dientes o implante. La razón, el error sistemático sumatorio que se produce según se va avanzando en el escaneado de la arcada, realizando las superposiciones de imágenes de fotografía o vídeos registradas por el escáner. (Pradíes, 2018)

Por lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar la concordancia de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos de escaneo – intraoral y extraoral- para la determinación de las dimensiones de ciertas formas geométricas en preparaciones para corona completa en cerámica.

2. MARCO TEORICO

Resumen de búsqueda de información

Se definieron las siguientes **variables**:

- **Escáner:** Es un dispositivo para la obtención 3D de las superficies de un objeto. Por contacto mecánico, láser o imagen fotográfica; comp, máquina de medición de coordenadas, ESCÁNER DE CONTACTO, ESCÁNER LÁSER, ESCÁNER DE LUZ BLANCA. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Intraoral:** Dentro de la boca. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Extraoral:** Fuera de la boca. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Escáner digital:** 1. Captura en formato numérico computarizado de un tramo. Imágenes (mapa de bits) de un objeto geométrico que se puede ver en una pantalla de monitor (bidimensional [2D]) u holograma (3D); 2. En odontología, captura de una imagen óptica directamente del paciente, anatómica o indirectamente de un molde definitivo de la anatomía. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Impresión:** Es una imagen o copia negativa de la superficie de un objeto; una huella de los dientes y estructuras adyacentes para su uso en odontología. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Impresión digital:** Una impresión digital no es una imagen en negativo o copia en reverso de la superficie de un objeto; syn, escaneo digital. (American Academic of Prosthodontics., 2017)
- **Concordancia:** Correspondencia o conformidad de una cosa con otra. (Real Academia Española., 2018)
- **Longitud:** Magnitud física que expresa la distancia entre dos puntos, y cuya unidad en el sistema internacionales el metro. (Real Academia Española., 2018)
- **Diámetro:** Recta que une dos puntos de una circunferencia, una curva cerrada o una esfera, pasando por su centro. (Real Academia Española., 2018)

Se consultó la siguiente base de datos:

- Pubmed (hasta 21 de marzo de 2019)

Se utilizaron las siguientes palabras clave: Accuracy, trueness, precision, exactness, scanners, intraoral scanner, extraoral scanner, tooth, teeth, dimensional measurement, diameter, long, digital impression.

Se buscaron los siguientes tipos de estudios: Análisis de pruebas diagnósticas de concordancia, estudios experimentales in vivo, revisiones sistemáticas.

Se utilizaron las siguientes estrategias de búsquedas

- | | |
|----|---|
| #1 | Incisors OR teeth OR tooth OR molars |
| #2 | Dimensional Measurement OR diameter OR long |
| #3 | (Incisors OR teeth OR tooth OR molars) OR (Dimensional Measurement OR diameter OR long) |
| #4 | Digital Impression OR Computer-Aided Design OR Intraoral scanner OR intraoral scanner systems OR CAD software OR CAD/CAM OR Extraoral scanner |
| #5 | Accuracy OR trueness OR precision OR exactness |
| #6 | (Digital Impression OR Computer-Aided Design OR Intraoral scanner OR intraoral scanner systems OR CAD software OR CAD/CAM OR Extraoral scanner) OR (Accuracy OR trueness OR precision OR exactness) |
| #7 | ((Incisors OR teeth OR tooth OR molars) OR (Dimensional Measurement OR diameter OR long)) AND ((Digital Impression OR Computer-Aided Design OR Intraoral scanner OR intraoral scanner systems OR CAD software OR CAD/CAM OR Extraoral scanner) OR (Accuracy OR trueness OR precision OR exactness)) |

No hubo ningún tipo de restricción para la realización de la búsqueda.

Se **encontraron** 283.880, 212.973, 236.430, 4.947, 82.062, 86.044, 8.710 artículos respectivamente en la siguiente base de datos; Pubmed; de la cual se seleccionaron por **título** 122, luego por **abstract** 68 y de estos se seleccionaron 36 por **relevancia**.

Se **excluyeron**, editoriales, abstracts que no hubieran sido seguidos por una publicación posterior, cartas o comentarios y artículos que no se encontraban en texto completo.

Marco de referencia

La impresión dental fue parte fundamental del desarrollo de la odontología protésica y su definición nace cuando se introducen las cubetas para la toma de impresiones y la invención de las resinas termoplásticas, gutapercha y del yeso paris a inicios del siglo XIX lo que marcó realmente la consideración de su concepto. (Papadiochos *et al.*, 2017).

La impresión dental se define como un procedimiento en el cual se obtiene una imagen o copia negativa de la superficie de un objeto; una huella de los dientes y estructuras adyacentes para su uso en odontología. (Punj *et al.*, 2017).

La impresión dental es una copia de la morfología de las estructuras orales de un paciente, que permite realizar el diseño y confección de restauraciones protésicas dentro de muchas otras. Una impresión inexacta de las estructuras Intraorales repercutirá de manera decisiva en el resultado final de la prótesis obtenida o el procedimiento que se esté realizando. (García, 2014).

Esta imagen o copia negativa de la superficie de un objeto; una huella de los dientes y estructuras adyacentes para su uso en odontología, debe permitir la reproducción de detalles de 25 micras o menores (American Academic of Prosthodontics., 2017).

Las impresiones se definen como la reproducción en negativo de las preparaciones dentales, dientes adyacentes y tejidos blandos relacionados. Es de vital importancia que la impresión sea fiel a la realidad, para poder construir a partir de ella una restauración adecuada. Para ello, la impresión debe cumplir una serie de requisitos entre ellos tener una extensión adecuada, centrada en la cubeta, no debe estar perforada, tener una superficie lisa y uniforme, correcta mezcla y presión del material de impresión, estable dimensionalmente y un espesor de material uniforme. (Punj A *et al.*, 2017).

Actualmente además de la impresión convencional se ha implementado la impresión digital que se realiza tanto intraoral como extra oralmente, estos dos tipos de impresión continúan en el mismo enfoque que es permitirle al profesional realizar protocolos que le aseguren obtener buena información sobre los tejidos orales para el manejo óptico del paciente. (García, 2014).

Las **impresiones convencionales** son aquellas que utilizan un material como por ejemplo alginatos, siliconas, poliéteres, entre otros, contrario a los nuevos métodos que eliminan en parte la utilización de materiales. Actualmente las técnicas convencionales siguen siendo parte de la impresión dental; ([American Academic of Prosthodontics., 2017](#))

Por otro lado, se utilizan para impresiones de tejido blando que utiliza cubetas modificadas y materiales con alta fluidez; esto porque las impresiones mucoestáticas son difícil de lograr por su naturaleza viscosa y elástica.

Además, esta técnica convencional en las impresiones definitivas aplica ligeras presiones a las áreas de tejido para su copia. ([Hong S et al., 2019](#)).

A pesar de que la odontología genera nueva información cada año y existe un crecimiento de la odontología digital, se siguen conservando las técnicas convencionales, ya que el enfoque continúa siendo que el profesional realice protocolos que le aseguren obtener buena información sobre los tejidos orales para el manejo óptico del paciente. ([Punj A et al., 2017](#)).

A mediados del siglo XIX se consideró el desarrollo de **diferentes materiales para impresión** como lo fueron las ceras de abeja con el objetivo de generar una reproducción detallada de los arcos dentales y la obtención de modelos como requisito para realizar una adecuada rehabilitación oral de los pacientes. Sin embargo, fue la introducción de las cubetas para la toma de impresiones y la invención de las resinas termoplásticas, gutapercha y del yeso paris a inicios del siglo XIX lo que marcó realmente la consideración del concepto de impresiones dentales como parte fundamental para el desarrollo de la odontología protésica. ([Papadiochos et al., 2017](#)).

Estas sustancias deben ser lo suficientemente fluidas o livianas como para registrar detalles finos de las estructuras intraorales y, a su vez deben ser suficientemente viscosas como para mantenerse en la cubeta y ejercer presión sobre las estructuras a reproducir. ([García, 2014](#)).

Un material de impresión ideal debe tener tanto excelentes propiedades físicas, mecánicas y clínicas, y se pueden clasificar según su composición, según el tipo de reacción que presentan y según su uso. (Shahab *et al.*, 2018; Punj *et al.*, 2017)

Actualmente, existe una variedad de materiales de impresión con diferentes propiedades, sin embargo, no se ha desarrollado uno que posea todas las propiedades deseadas para todas las aplicaciones. Un material de impresión ideal debe tener tanto excelentes propiedades físicas, mecánicas y clínicas, y se pueden clasificar según su composición, según el tipo de reacción que presentan y según su uso. (Shahab *et al.*, 2018; Punj *et al.*, 2017).

El material de impresión debe ser inocuo, exacto y compatible con un modelo de piedra para que no se distorsione mientras este fraguando. Debe tener un color brillante y diferente a la mucosa para identificarlo con facilidad si se desprende una parte de la impresión y queda en el sitio al retirarla. Además, poseer buena resistencia a la ruptura para evitar desprendimientos al retirarlo de la boca. No existe ningún material de impresión que cumpla todos requisitos ideales. Cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

El **alginato** es un hidrocoloide irreversible utilizado como material de impresión para la obtención de modelos de estudio o para prótesis totales o parciales transicionales debido a su bajo costo, la capacidad de tomar impresiones de arco completo, su fácil manejo y su naturaleza hidrofílica que permite ser utilizada en presencia de flúidos, sin embargo, es considerado un material con una baja resistencia al desgarro, un alto coeficiente de contracción debido al proceso de sinéresis e imbibición que realiza lo que limita su uso como material de impresión preliminar. (Punj *et al.*, 2017; Vasiliu *et al.*, 2017)

La **silicona de adición** es un material utilizado principalmente como impresión definitiva para prótesis fija el cual presenta una reacción de polimerización entre una base que contiene moléculas de hidrosilano y que reaccionan con un acelerador que contiene oligómeros de siloxano con grupos terminales vinilo y un catalizador de platino, presenta una humectabilidad mejorada, un excelente tiempo de trabajo porque permite realizar el vaciado hasta días después de su toma y una estabilidad dimensional

que es comparable con la del poliéter. Durante su uso se debe evitar el contacto con el látex porque tiene azufre lo que inhibe el proceso de polimerización. (Gokcen *et al.*, 2014; Punj *et al.*, 2017; Menees *et al.*, 2015)

El **poliéter** es un material elastomérico que realiza una reacción de polimerización catiónica. Ofrece estabilidad dimensional, rigidez, resistencia al desgarro y una excelente humectabilidad que permite realizar un fácil vaciado para la obtención del modelo. No obstante, su capacidad de absorber agua no permite una adecuada desinfección porque puede generar distorsión del material. Es utilizado usualmente como material de impresión definitiva para prótesis parcial o total removible. (Gokcen *et al.*, 2014; Menees *et al.*, 2015)

El **polisulfuro** contiene una base de polímero de polisulfuro, dióxido de titanio, sulfato de zinc, carbonato de cobre o sílice y un acelerador que tiene principalmente dióxido de plomo. Son moderadamente hidrofílicos lo que permiten una toma de impresión precisa en superficies húmedas, presenta una buena estabilidad dimensional que soporta múltiples vaciados. Se distorsiona con la desinfección si no se realiza de manera adecuada porque puede absorber agua, además, presenta un olor y sabor desagradable y requiere de un adhesivo para adherirse a la cubeta. Es utilizado principalmente para toma de impresiones en presencia de estructuras dentales y para prótesis removible. (Barry, 2017)

Dentro de las **cubetas principales de impresión convencional** se encuentran de plástico perforadas, de metal, personalizadas y de arco completo.

Las primeras dos en mencionarse son de tipo rígidas y la última semirrígida, las rígidas están indicadas para la toma de impresión con menor distorsión, mientras que las de metal producen moldes más precisos en comparación con las plásticas; por ultimo las de plástico flexible demuestran obtener menor precisión con respecto a las anteriores clasificaciones. (Goksen *et al.*, 2014).

Diferentes estudios realizados demuestran que la fabricación de cubetas en acrílico personalizadas producen moldes aun con mayor precisión que las plásticas y metálicas dando como resultados mayor rigidez y un material uniformemente grueso. (Goksen *et al.*, 2014).

Por otro lado, se menciona que el método convencional para impresiones de tejido blando utiliza cubetas modificadas y materiales con alta fluidez; esto porque las impresiones mucoestáticas son difícil de lograr por su naturaleza viscosa y elástica de los materiales de impresión. Además, esta técnica convencional en las impresiones definitivas aplica ligeras presiones a las áreas de tejido para su copia. (Hong et al., 2019).

Con una cubeta de impresión a la medida, los errores en la distancia entre pilares y la distorsión de la arcada son menores que con las cubetas estándar. Una cubeta de impresión a la medida en acrílico debe fabricarse 24 horas antes de obtener la impresión final. Durante ese periodo, la cubeta se deformará y cambiará de dimensiones a causa de la evaporación del monómero. Si no es posible fabricar la cubeta 24 horas antes hay dos opciones posibles. Introducir la cubeta en agua hirviendo durante 15min para eliminar el exceso de monómero y la distorsión, o utilizar acrílico fotoactivo o un material termoplástico para fabricar la cubeta. Es importante aplicar un adhesivo en la cubeta de impresión para retener el material. La capa de material de impresión en la cubeta debe tener un grosor uniforme; es ideal de 2-4mm y se obtiene con la ayuda de un mantenedor de espacio o espaciador en cera. (Pérez, 2018).

Las cubetas tienen propiedades específicas que normalmente incluyen la estabilidad en su forma al contacto con el aire y el medio húmedo, rigidez, posibilidad de dirigir y lograr un grosor uniforme del material de impresión y no menos importante la unión química y mecánica del material de impresión a la cubeta.

La variación en la dimensión de la cubeta por la contracción se produce durante la hora siguiente de extraer el material de la boca por tanto es importante realizar el vaciado de estas impresiones inmediatamente después de la extracción. (Pérez, 2018)

La fuerza necesaria para extraer de la boca los materiales elásticos de impresión depende de la dureza y tensión de los mismos. El grado de dureza es variable: 30 para los polisulfuros, 43 para las siliconas de condensación, 55 para las siliconas de adición y 62 para los poliéteres. Debido a la dureza y flexibilidad de los polisulfuros, se necesita una cubeta a la medida. Para fabricarla hay que emplear material acrílico o polímeros

sobre el molde de estudio. Gracias a las propiedades de las siliconas de adición se puede usar una cubeta estándar. (Pérez., 2018).

La silicona de adhesión, silicona de condensación, poliéter, alginato y óxido de zinc; son materiales que presentan distorsión de acuerdo al tipo de restauración.

Según STEINHAUSER *et al.*, 2011 el poliéter es el que menor distorsión presenta.

(Ver tabla: 1)

Tabla 1. Evaluación de distorsión de materiales de impresión. (Diseño de la tabla Martha Tamayo. Datos Montealegre & Alfaro, 2021)

MATERIAL DE IMPRESIÓN	DISTORSION		TIPO	TIEMPO DE EVALUACIÓN	AUTOR
	DATO ORIGINAL	DATO MICRAS			
POLIETER	140µm	140	PF	30 días	Thongthammachattet <i>al.</i> , 2014
	0,6µm	0,6	PF	1 día	Steinhauseret <i>al.</i> , 2011
	0.68µm	0.68	PF	día 3	Steinhauseret <i>al.</i> , 2013
	0,135µm	0,135	PF	día 7	Steinhauseret <i>al.</i> , 2015
	0,033mm	33		4 semanas	Clancyet <i>al.</i> , 1983
SILICONAS DE ADICIÓN	70µm	70	PF	30 días	Thongthammachattet <i>al.</i> , 2014
	0,35µm	0,35	PF-S	1 hora (Putty)	Kanget <i>al.</i> , 2007
	0,41µm	0,41	PF-S	1 hora (Regular)	Kanget <i>al.</i> , 2008
	0,41µm	0,41	PF-S	1 hora (Heavy)	Kanget <i>al.</i> , 2009
	0,36µm	0,36	PF-S	1 hora (Light)	Kanget <i>al.</i> , 2010
	33-64µm	33-64	PF	1 hora (Express fast)	Levartovskyet <i>al.</i> , 2012
	4-40µm	4-40	PF	1 hora (Express regular)	Levartovskyet <i>al.</i> , 2013
	8-9µm	8-9	PF	1 hora (Aquasil)	Levartovskyet <i>al.</i> , 2014
	3mm	3000	PF	1 hora	Naumovskiet <i>al.</i> , 2017
	2mm	2000	PF	1 hora	Naumovskiet <i>al.</i> , 2018
	44µm	44	PF		Seelbachet <i>al.</i> , 2013
	0,14mm	14		6 semanas	Clancyet <i>al.</i> , 1985
SILICONA CONDENSACIÓN	2mm	2000		1 hora	Naumovskiet <i>al.</i> , 2019
	0,025mm	25		5 semanas	Clancyet <i>al.</i> , 1984
ALGINATOS	100-500µm	100-500	MT	28-72 Horas	Aalaciet <i>al.</i> , 2017
	24,7µm	24,7		24 horas	Kusugalet <i>al.</i> , 2018
	0,63µm	0,63	PF	1 día	Steinhauseret <i>al.</i> , 2012
	0,153µm	0,153	PF	día 3	Steinhauseret <i>al.</i> , 2014
	0,342µm	0,342	PF	día 7	Steinhauseret <i>al.</i> , 2016
OXIDO DE ZINC	24mm	24000	PT	24 horas	Habibzadehet <i>al.</i> , 2016

IMPRESIONES DIGITALES: A mediados del siglo XX se introdujo la tecnología a las diferentes industrias como el área de la salud. El año 1985 fue clave para la introducción de la tecnología CAD / CAM en odontología donde se utilizaron cámaras de triangulación que realizaban la medición multidimensional, permitiendo la transferencia de información sobre la medida a la pantalla del ordenador el cual mediante un software para la obtención de la imagen, el procesamiento y las conexiones con la fresadora, se obtiene la primera restauración con incrustaciones de silicato en la universidad de Zurich. (Susic *et al.*, 2019; Punj *et al.*, 2017)

El desarrollo de la tecnología pasó de la máquina de fresado de copias a un sistema totalmente controlado por computadora, con una gran forma de base de la estructura dental permitiendo la producción automática de las restauraciones. Hoy en día, el uso de la odontología digital ya está inmersa en la odontología moderna ya sea en casos de baja o alta complejidad. (Punj *et al.*, 2017)

Éstos sistemas presentan ventajas como la visualización y evaluación en tiempo real, son fáciles de corregir, manipular o recapturar imágenes, permite captura de imágenes segmentaria, archivado digitalmente, por lo tanto no es necesario almacenar moldes físicos, no requiere de material de impresión lo que las hace amigable con el ambiente, no es necesario desinfectar, es económico por el ahorro de materia y ahorra en el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta algunos inconvenientes como el costo inicial de mantenimiento de equipos y software, la curva de aprendizaje puede ser difícil para algunas personas, requiere de un software de diseño compatible con escáneres que logren escanear los cuerpos necesarios para los sistemas de implantes, es difícil captar la información de oclusión cuando son casos complejos de prótesis, son sistemas cerrados que restringen las opciones para transferir archivos STL, no se pueden capturar márgenes subgingivales si está con presencia de sangre, saliva o tejido, no es posible capturar con precisión imágenes de los arcos edéntulos y los patrones de escaneo deben seguir las recomendaciones del fabricante. (Punj *et al.*, 2017)

Los sistemas CAD/CAM utilizados en odontología están compuestos básicamente por tres componentes principales que son: Un dispositivo que refleja la preparación de los dientes y otros tejidos de soporte y es responsable de la digitalización de datos

espaciales (CAI –Computer Aided Inspection); un componente que consiste en una computadora que planea y calcula la forma de las restauraciones, equivalente al área de CAD; y por último de una máquina fresadora controlada numéricamente que desde la forma base diseñada produce restauración dental y que corresponde al CAM. (Susic *et al.*, 2019)

El uso de sistemas digitales genera restauraciones precisas y con una estética sobresaliente. El **flujo de trabajo** inicia con la evaluación clínica, el diagnóstico y establecimiento de un plan de tratamiento. Luego, se realizan las preparaciones o adecuaciones intraorales requeridas y se capta la imagen dependiendo el tipo de escáner, sea intraoral o extraoral y formando una imagen 3D de dientes y encías en la pantalla, permitiendo al odontólogo que, con el cursor, forme un diseño anatómico preciso y apropiado de la superficie dental faltante. Los modelos 3D resultantes proporcionan una base ideal para el diseño de restauración. Cuando se diseña es de una manera muy simple teniendo en cuenta la relación con los dientes adyacentes, la anatomía de los dientes contralaterales, la funcionalidad, la estética y la relación entre las restauraciones y el tejido blando. (Susic *et al.*, 2019)

Este proceso finaliza con la fase CAM a través de la cual mediante un fresado adicional de bloques presinterizados de diferentes materiales y de diferentes características, reproduce la restauración previamente diseñada en 3D con el objetivo de satisfacer las necesidades del paciente. (Susic *et al.*, 2019)

Existen dos tipos de escáneres; los escáneres intraorales y extraorales, los primeros que son escáneres ópticos y se pueden separar en dos tipos: cámaras de una sola imagen que registran imágenes individuales de las estructuras dentales o que para obtener imágenes de áreas más grandes de la dentición, se graban una serie de imágenes individuales superpuestas de manera que el programa de software puede ensamblarlas en un modelo virtual tridimensional más grande. La cámara está posicionada en diferentes ángulos para asegurar que la grabación sea precisa por debajo de la altura del contorno que se ocultaría de la cámara si solo se obtuviera una vista oclusal. Aquellas áreas no visualizadas por la cámara en las imágenes superpuestas serían extrapoladas por el programa de software para

completar las áreas de datos faltantes en el modo virtual; y en cámaras de video utilizadas por el escáner de definición verdadera. (Alghazzawi, 2016)

Por otro lado, se encuentran los escáneres extraorales que requieren de una impresión análoga para la obtención de un modelo en yeso que será el objeto a obtener la imagen. En éstos sistemas el objeto a escanear es fijado dejándolo inamovible sobre el brazo que sin embargo, éste en su conjunto podrá realizar diferentes movimientos que permiten el escaneo de todas las superficies del modelo, lo que genera un mayor tiempo de escaneo comparado con los escáneres intraorales. (Susic *et al.*, 2019)

Se habla de que este tipo de escáneres presenta un nivel aceptable de precisión donde esta se define como proximidad de acuerdo entre un valor de cantidad obtenido por medición y el verdadero valor de la medida, además de que consta de veracidad y precisión que se definen respectivamente como la proximidad de acuerdo entre el valor promedio obtenido de una gran serie de resultados de prueba y un valor de referencia aceptado y la cercanía de acuerdo entre resultados de prueba independientes obtenidos en condiciones estipuladas, sin embargo, se debe tener en cuenta que tanto el material de impresión como el material de vaciado en el cual se obtiene el modelo, sí presentan grados de distorsión. (Mandeli *et al.*, 2017)

El **método para la obtención de la imagen** varía dependiendo de cada sistema pero siempre teniendo como objetivo la adquisición de una nube de puntos geométricos de muestreo que se ubican sobre la superficie del objeto para reconstruir el volumen. Estas pueden ser mediante el escaneo por contacto, por láser o por luz estructurada. (Montagna y Barbesi, 2013)

Los escáneres por contacto se caracterizan por la presencia de una sonda de tanteo, colocada sobre un aparato accionado por motores, que mueven el modelo y la sonda, sin embargo presenta desventajas como el mayor tiempo de escaneo lo que genera que el contacto permita que se corra el riesgo de alterar el modelo, en promedio, leen un punto cada 0,2 mm, debido al diámetro de la esfera de la esfera de rubí montada sobre la cabeza del tanteador, y la superficie entre los dos puntos cercanos. (Montagna y Barbesi, 2013)

El escáner láser mueve un proyector láser recorriendo toda la superficie y disparando una serie de fotogramas con óptimos resultados de precisión donde, la luz va a ser producida por el emisor, posteriormente va a pasar por el espejo rotatorio que le dará la dirección necesaria para que llegue al objeto y estas emisiones se van a dirigir al receptor. (Montagna y Barbesi, 2013)

El láser presenta óptimas características debido a sus propiedades de coherencia, colimación, duración variable del impulso, monocromaticidad, modulabilidad de la pulsación y elevada sensibilidad, pero requiere un motor de gran tamaño por la necesidad del movimiento del proyector y un espesor específico del láser causando que los detalles más pequeños no sean exactos. (Montagna y Barbesi, 2013)

El escáner de luz estructurada aprovecha las propiedades ópticas de algunos materiales semi-conductores para producir fotones de luz visible a través del fenómeno de emisión espontánea cuando son polarizados. Presentan características favorables por duración de funcionamiento, escaso mantenimiento, cromaticidad restringida y para la fuente puntiforme. (Montagna y Barbesi, 2013)

Esta luz es visible, de onda corta y de elevada frecuencia LED, además, utiliza rayos luminosos con un esquema de patrón codificado y donde el marcador óptico cubre totalmente al modelo y se varía la posición de la luz y con cada posición del escáner se ejecuta una toma diferente. Los píxeles de la imagen pueden ser utilizados para determinar la forma del objeto. (Montagna y Barbesi, 2013)

FASES DEL ESCANEEO: La fase de muestreo o sampling es la primera, donde los escáneres 3D operan realizando una muestra del modelo generando miles de puntos por segundo y formando nubes de puntos mediante, es un procedimiento aplicado principalmente en el ámbito del relieve digital. (Montagna y Barbesi, 2013)

La fase de modelado o stitching permite unir los escaneos realizados de manera individual en la nube de puntos con el objetivo de pulir la superficie para realizar un filtrado del ruido causado por la divergencia de los rayos luminosos para posteriormente realizar la representación abstracta de la estructura mediante un conjunto de informaciones geométricas y topológicas para construir un modelo

poligonal mediante diferentes técnicas como lo es el mesh, nurbspatch y otras que utilizan voxeles para que de esta manera sea utilizable en la siguiente fase que es el rendering. (Montagna y Barbesi, 2013)

El rendering es la representación geométrica (3D) del muestreo y modelado producida por la unión en bloque de los mesh poligonales (indica la serie de algoritmos) que dan como resultado la digitalización de la imagen mediante sensores CDC que absorben la radiación electromagnética producida por el objeto para ser transformada por un ADC y que tiene capacidad de convertir la señal analógica continua en una secuencia digital compuesta por valores discretos permitiendo construir la matriz de los pixeles en voxeles que componen la imagen tridimensional que se refleja en la pantalla. (Montagna y Barbesi, 2013)

Los **sistemas CAD / CAM se clasifican** en sistemas de laboratorio y sistemas de consultorio. El sistema de laboratorio se divide en dos, uno donde se tienen las unidades de escáner extraoral la cual captura la imagen sobre un modelo, diseña y fresa la restauración y otro, mediante el cual se obtiene la captación por un sistema de conexión por medio del cual el odontólogo envió su escaneado intraoral y únicamente se realiza en el laboratorio el diseño y maquinado de la restauración. Y los sistemas consultorio que pueden tener sólo los sistemas de adquisición de las imágenes sin capacidad de diseño el cual debe ir a un laboratorio o que tengan sus propios escáneres y unidades de fresado. (Alghazzawi, 2016)

Por otro lado, se pueden clasificar en sistemas abiertos y cerrados de acuerdo con el intercambio de los datos. Los sistemas cerrados ofrecen todos los procedimientos CAD/CAM, incluyendo la adquisición de datos, el diseño y la fabricación de restauraciones por parte de la misma compañía. Además, todos los pasos se integran en un sistema y no hay intercambiabilidad entre los diferentes sistemas de otras compañías, mientras que los sistemas abiertos permiten la adopción de datos digitales originales mediante software CAD y dispositivos CAM de diferentes compañías. (Galhano et al., 2012)

Los sistemas CAD de laboratorio preferiblemente deben ser un sistema abierto, ya que después de adquirir los datos y diseñar la restauración, los datos deben almacenarse en

un archivo STL (STereoLithography o Standard TessellationLanguage). Sin embargo, muchos fabricantes utilizan sus propios formatos de datos específicos, con como resultado, los datos de los programas de construcción no serán compatibles entre sí y luego se enviarán a un sistema CAM de laboratorio abierto, que acepta ese tipo de archivo STL de ese sistema CAD de laboratorio donde se fabricará la restauración. Además, la unidad de adquisición de imágenes siempre es un sistema abierto, y el archivo STL de una restauración determinada puede ser aceptado por un sistema de laboratorio abierto CAD para la restauración que se diseñará y luego se enviará a un sistema CAM abierto para la restauración o el modelo fabricado. (Zimmermann *et al.*, 2017)

Existen ***diferentes sistemas de escaneo intraoral*** de diferentes casas comerciales que están siendo utilizados en la actualidad como:

CEREC (Sirona, Dentsply)

Este sistema cuenta con su escáner intraoral Omnicam y está disponible como un sistema móvil que incluye la cámara y la computadora, todos los cuales se pueden conectar o simplemente transmitir archivos a un sistema de fresado. El dispositivo funciona según el principio de triangulación pero produce escaneos de video tridimensionales (3D) a todo color sin la necesidad de usar polvo para obtener las imágenes. Este dispositivo es un sistema cerrado porque el software solo es compatible con la unidad de maquinado de la empresa y los archivos de imágenes no se pueden exportar y utilizar con otros sistemas. El flujo de trabajo puede ser Chairside o Labside mediante el software CEREC Connect. Este sistema se puede utilizar para odontología restauradora, implantes y ortodoncia. (Mormann, 2006; Punj *et al.*, 2017)

Planscan (Planmeca, USA)

Este sistema posee una unidad de adquisición, un software de diseño y un dispositivo de fresado. Este dispositivo es un sistema libre de polvo que obtiene imágenes secuenciales individuales en color utilizando la tecnología de láser azul. El escáner está disponible como una versión USB que se conecta a una computadora portátil. Este dispositivo es un sistema abierto en el que los archivos .stl se pueden exportar a otros

sistemas para el fresado. Es utilizado principalmente para la odontología restauradora. (Punj *et al.*, 2017)

True Definition Scanner o Lava C.O.S. system(3M ESPE, Estados Unidos)

Es un sistema abierto que utiliza un polvo ligero de dióxido de titanio en los dientes para adquirir imágenes intraorales y la captura de imágenes se basa en la tecnología de muestreo mediante onda. Este escáner no cuenta con una herramienta de corte, no hay reproducción de color. Esta unidad de adquisición de imágenes puede capturar imágenes que se pueden usar en ortodoncia, odontología restauradora e implantología. No hay un software de diseño ni una fábrica asignados a este sistema y, por lo tanto, las imágenes se envían a través de una plataforma basada en la nube a un software CAD auxiliar y una unidad de tallado.(3M ESPE, 2009; Punj *et al.*, 2017)

Trios 3 (3 Shape, Dinamarca)

Este escáner se encuentra como sistema móvil o USB. La varita de imágenes viene con 2 diseños de agarre diferentes y permite el escaneo sin polvo que funciona según el principio de microscopía confocal y muestra imágenes en color en 3D. Este dispositivo es un sistema abierto y los archivos .stl se pueden exportar a otros sistemas para el diseño y el fresado. Se puede utilizar en ortodoncia, odontología restauradora e implantología.(Logozzo, 2011; Punj *et al.*, 2017)

iTeroElement (AlignTechnology, Estados Unidos)

Este escáner obtiene la imagen mediante el principio de microscopía de escaneo láser confocal y no utiliza polvo para capturar las imágenes. Presenta una pantalla a color y táctil y tiene una unidad móvil o una versión USB. Es considerado un sistema abierto y se puede utilizar para ortodoncia, odontología restauradora e implantología. (Implantribune, 2007; Punj *et al.*, 2017)

CS 3600 (Carestream, Estados Unidos)

Escáner mediante el cual se obtienen las imágenes utilizando el principio de triangulación 3D a color y con una alta definición. Este sistema que no requiere polvo

tiene como característica que permite al profesional de la salud completar la información faltante del escaneo. Este escáner además, utiliza un sistema abierto y está disponible en una versión USB. Es adecuado para implantología, odontología restauradora y ortodoncia. ([Punj et al., 2017](#))

Dentro de los escáneres extraorales se encuentran:

3Shape D640 (3Shape, Dinamarca)

Se trata de un escáner láser. Consta de dos cámaras de 1.3 Megapíxeles y un sistema de movimiento del modelo en tres ejes, que le permite realizar movimientos de rotación y traslación del mismo, pudiendo escanear así 350º de una esfera. ([3Shape, 2019](#))

Es un sistema abierto, lo que quiere decir que sus escaneados tienen un formato STL sin encriptar, pudiéndose utilizar posteriormente para diseñar y mecanizar el trabajo con aparatos que no sean de 3Shape. ([3Shape, 2019](#))

IScan D101 (Imetric, Suiza)

Es un escáner de luz estructurada blanca 82. Su cámara tiene 1.3 Megapíxeles y tarda entre 1 y 2 minutos por elemento escaneado. También en un sistema abierto. ([iMetric, 2011](#))

Renishaw (Incise TM)

Este escáner lee la superficie de la preparación recorriéndola, mediante un movimiento en espiral, con una punta palpadora de rubí de 1 mm de diámetro, que va montada en un brazo articulado. El tiempo de escaneado para un diente es de tres minutos.

inEos X5 (Dentsply, Sirona)

Escáner capaz de escanear a una velocidad insuperable debido al amplio campo de imagen de la cámara, capta de cuatro a cinco piezas dentales por toma y un maxilar completo con un total de sólo cinco tomas. De esta forma, inEos X5 digitaliza una corona individual en menos de diez segundos, una construcción de tres elementos en tan solo 30 segundos y un maxilar completo en menos de un minuto. Para el escaneado entra en juego una óptica de última generación basada en la proyección digital del modelo: la

precisión, notablemente mejorada e inferior a 12 µm y el autofocus de la cámara. (Sirona, 2013).

En las siguientes tablas, se pueden observar los diversos estudios que han evaluado la **exactitud o el grado de distorsión de los escáneres** extraorales (tabla 2) e intraorales (tabla3).

Y en la tabla 4 se encuentran descritos los diferentes **métodos utilizados para realizar la evaluación** de la distorsión o de la exactitud de los escáneres.

Tabla 2. Evaluación de la distorsión de las impresiones tomadas con los diferentes tipos de escáneres extraorales. (Diseño de la tabla Martha Tamayo. Datos Montealegre & Alfaro, 2021)

TIPO DE ESCÁNER	MÉTODO DE ESCANEEO	CASA COMERCIAL	DISTORSIÓN		MUESTRA ESCANEADA	TIPO	AUTORES
			DATO ORIGINAL	DATO EN MICRAS			
Extraoral	Triangulación activa	D310, 3Shape Dental System	(-) 40 micras	(-) 40	Preparación para corona completa	PF	Shimizu <i>et al.</i> , 2017
	LED azul multilínea	D250; 3Shape Dental System	10 micras	10	Dientes naturales arco completo	Maxilares	Flugge <i>et al.</i> , 2013
	Luz estructurada	LAVA™ Scan ST Design system [3M™ ESPE])	37 micras	37	36 y 46 con preparación para corona completa	PF	Kaure <i>et al.</i> , 2018
	Láser confocal	D250; 3Shape Dental System	38 micras	38	Preparación para corona cerámica de todos los dientes	PF	Bohner <i>et al.</i> , 2017
	Triangulación activa	CerecInEos x5, Sirona Dental Systems	34 micras	34	Preparación para corona cerámica de todos los dientes	PF	Bohner <i>et al.</i> , 2017
	Luz estructurada	Aadva, GC	4,0 micras	4	Preparación para corona completa	PF	Mandell <i>et al.</i> , 2017
	Luz estructurada	Zfx evolution, Zfx Evolution GmbH	5,1 micras	5,1	Preparación para corona completa	PF	Mandell <i>et al.</i> , 2017
	Láser confocal	D640, 3Shape Dental System	12,7 micras	12,7	Preparación para corona completa	PF	Mandell <i>et al.</i> , 2017

	Láser confocal	D700, 3Shape Dental System	11,0 micras	11	Preparación para corona completa	PF	Mandelliet <i>al.</i> , 2017
	Luz estructurada	Sinergia, Spa NobilMetal	16,3 micras	16,3	Preparación para corona completa	PF	Mandelliet <i>al.</i> , 2017
	Luz estructurada	DScan3, Soluciones de geometría mejoradas	9,5 micras	9,5	Preparación para corona completa	PF	Mandelliet <i>al.</i> , 2017
	Luz estructurada	Concept Scan Top, Tecnologías abiertas	19,5 micras	19,5	Preparación para corona completa	PF	Mandelliet <i>al.</i> , 2017

Tabla 3. Evaluación de la distorsión de las impresiones tomadas con los diferentes tipos de escáneres intraorales. (Diseño de la tabla Martha Tamayo. Datos Montealegre & Alfaro, 2021)

TIPO DE ESCÁNER	MÉTODO DE ESCANEEO	CASA COMERCIAL	DISTORSIÓN		MUESTRA ESCANEADA	TIPO	AUTORES
			DATO ORIGINAL	DATO EN MICRAS			
Intraoral	Triangulación activa	CerecOmnicam, Sirona Dental Systems	(-) 60 micras	(-) 60	Preparación para corona completa	PF	Shimizu <i>et al.</i> , 2017
	Láser confocal	Trios, 3Shape Dental System	(-) 50 micras	(-) 50	Preparación para corona completa	PF	Shimizu <i>et al.</i> , 2017
	Luz estructurada	CS3500; Carestream Dental	34,07 micras	34,07	16: Preparación para corona completa 14 y 16: Preparación para prótesis fija 26: Preparación para incrustación	PF	Young <i>et al.</i> , 2019

	Láser confocal	iTero	37 micras	37	Dientes naturales arco completo	Maxilares	Fluggeet <i>al.</i> , 2013
	Luz estructurada	CS 3500, Carestream dental	33,3 micras	33,3	36 y 46 con preparación para corona completa	PF	Kauret <i>al.</i> , 2018
	Láser confocal	Trios, 3Shape Dental System	34 micras	34	Preparación para corona cerámica de todos los dientes	PF	Bohneret <i>al.</i> , 2017
	Triangulación activa	CerecBluecam, Sirona Dental Systems	78 micras	78	Preparación para corona cerámica de todos los dientes	PF	Bohneret <i>al.</i> , 2017

Tabla 4. *Métodos utilizados para la evaluación de los cambios dimensionales de las imágenes obtenidas por diferentes escáneres.*
(Diseño de la tabla Martha Tamayo. Datos Montealegre & Alfaro, 2021)

NORMA ISO	METODOLOGÍA	MODELO	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO	ARCO	TAMAÑO DE MUESTRA	AUTOR
ISO 5725-1	Software de análisis 3D (Control Geomagic; Systems)	Modelo maestro personalizado	14 dientes tipodonto maxilar (Modelo D85SDP-200; Nissin Dental ProductsInc) se colocaron en un modelo dentiforme (Kilgore International Inc) y se preparó para coronas completas cerámicas, de acuerdo con los principios de	Arco completo y sextante	5 muestras por característica	Renneet <i>al.</i> , 2017

NORMA ISO	METODOLOGÍA	MODELO	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO	ARCO	TAMAÑO DE MUESTRA	AUTOR
			Rosenstielet <i>al</i> (con línea de terminación en hombro modificado de 1 mm, con un ángulo de convergencia de 6-10°, un bisel en la cúspide funcional, de 1,5 a 2 mm de reducción oclusal y 1,5mm de reducción axial.			
ISO 5725-1	Máquina de medición de coordenadas	2 modelos maestros (Remanium-Star-CL (Co 60,5%, Cr 28%, W 9%, Si 15%))	Distancia entre cilindros 1 y 2 (22,587), entre 2 y 3 (16,544), entre 3 y 4 (20,552), entre 4 y 5 (21,544), entre 1 y 3 (34,985), entre 1 y 4 (41,668) y entre 1 y 5 (39,528). Altura de los cilindros: 1 (16,103), 2 (16,179), 3 (12,763), 4(17,759) y 5 (17,759).	(Dentado y desdentado) con 5 puntos de referencia cilíndricos.	15 impresiones de cada modelo por cada escáner	Braianet <i>al</i> , 2018
NO APLICA	Superposición de las exploraciones de acuerdo con el método de alineación mejor fit (GOM Inspect 2018 rev. 114.010). Después de superposición, se calcularon las distancias 3D para cada punto de la superficie y analizados con el software de análisis de datos de medición 3D (GOM Inspect 2018 rev. 114.010).	Un modelo maestro personalizado de arco completo maxilar con los dientes preparados. Los dientes fueron hechos de material de cerámica de	Arco completo y dividido en tres regiones: Arco completo (17-27), región anterior (14-24), región posterior (13-17)	Arco completo dentado	10 impresiones por cada grupo	Enderet <i>al</i> , 2019

NORMA ISO	METODOLOGÍA	MODELO	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO	ARCO	TAMAÑO DE MUESTRA	AUTOR
		feldespato (Cerec Blocs; DentsplySirona) para aproximarse a las propiedades ópticas de los dientes naturales.				

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

3.1 Descripción del problema

En odontología las impresiones dentales son utilizadas para diversidad de procedimientos como lo son la planificación del tratamiento, diagnosticar, comunicarse con el paciente, fabricar modelos, realizar restauraciones y diversos aparatos. (Ender *et al.*, 2016).

Actualmente a nivel digital existen dos formas de realizar una impresión, una es por medio de escáner extraoral y otra por medio de escáner intraoral.

En odontología, la tecnología CAI/CAD/CAM se ha utilizado desde la década de 1980 para realizar restauraciones, coronas, prótesis dentales fijas y es utilizada cada vez más por odontólogos y técnicos dentales. La marca "CEREC" fue el primer sistema CAD/CAM utilizado en los consultorios odontológicos y fue lanzado al mercado en 1987 y diseñado inicialmente para la fabricación de restauraciones de cerámica estética. (Ahlholm *et al.*, 2017)

Los sistemas digitales utilizados en odontología están compuestos básicamente por tres componentes principales que son: Un dispositivo que refleja la preparación de los dientes y los tejidos adyacentes a este y que es responsable de la digitalización de datos espaciales (CAI –ComputerAidedInspection); un componente que consiste en una computadora que planea y calcula la forma de las restauraciones, equivalente al área de CAD; y por último de una máquina fresadora controlada numéricamente que desde la forma base diseñada produce restauración dental y que corresponde al CAM. (Susic *et al.*, 2017)

El proceso CAI se puede realizar mediante dos tipos de escáneres: los escáneres intraorales y extraorales, Los primeros que son escáneres ópticos y se pueden separar en dos tipos: cámaras de una sola imagen que registran imágenes individuales de las estructuras dentales o que para obtener imágenes de áreas más grandes de la dentición, se graban una serie de imágenes individuales superpuestas de manera que el programa de software puede ensamblarlas en un modelo virtual tridimensional más grande. La cámara está posicionada en diferentes ángulos para asegurar que la grabación sea precisa por debajo de la altura del contorno que se ocultaría de la cámara si solo se

obtuviera una vista oclusal. Aquellas áreas no visualizadas por la cámara en las imágenes superpuestas serían extrapoladas por el programa de software para completar las áreas de datos faltantes en el modo virtual; y en cámaras de video utilizadas por el escáner de definición verdadera. (Alghazzawi, 2016)

Por otro lado, se encuentran los escáneres extraorales que requieren de una impresión análoga para la obtención de un modelo en yeso que será el objeto a obtener la imagen. En éstos sistemas el objeto a escanear es fijado dejándolo inamovible sobre el brazo del escáner que, sin embargo, éste en su conjunto podrá realizar diferentes movimientos que permiten el escaneo de todas las superficies del modelo, lo que genera un mayor tiempo de escaneo comparado con los escáneres intraorales. (Susic *et al.*, 2019)

El método para la obtención de la imagen varía dependiendo de cada sistema pero siempre teniendo como objetivo la adquisición de una nube de puntos geométricos de muestreo que se ubican sobre la superficie del objeto para reconstruir el volumen. Estas pueden ser mediante el escaneo por contacto, por láser o por luz estructurada. (Montagna y Barbese, 2013)

Los escáneres por contacto se caracterizan por la presencia de una sonda de tanteo, colocada sobre un aparato accionado por motores, que mueven el modelo y la sonda, sin embargo presenta desventajas como el mayor tiempo de escaneo lo que genera que el contacto permita que se corra el riesgo de alterar el modelo, en promedio, leen un punto cada 0,2 mm, debido al diámetro de la esfera de la esfera de rubí montada sobre la cabeza del tanteador, y la superficie entre los dos puntos cercanos. (Montagna y Barbese, 2013)

El escáner láser mueve un proyector láser recorriendo toda la superficie y disparando una serie de fotogramas con óptimos resultados de precisión donde, la luz va a ser producida por el emisor, posteriormente va a pasar por el espejo rotatorio que le dará la dirección necesaria para que llegue al objeto y estas emisiones se van a dirigir al receptor. (Montagna y Barbese, 2013)

El escáner de luz estructurada aprovecha las propiedades ópticas de algunos materiales semi-conductores para producir fotones de luz visible a través del fenómeno de emisión

espontanea cuando son polarizados. Presentan características favorables por duración de funcionamiento, escaso mantenimiento, cromaticidad restringida y para la fuente puntiforme. ([Montagna y Barbesi, 2013](#))

La fase CAD, abarca todo lo relacionado al proceso de diseño asistido por ordenador, donde se realizan manipulaciones digitales de la imagen, por ejemplo para el registro del color dental, una mejor evaluación de la cantidad de gris (valor) del diente, dar morfología, funcionalidad y estética a las restauraciones o prótesis que están siendo creadas. ([Pradíes, 2018](#))

Tras la fase de diseño, llega la fase de fabricación o producción de la restauración o prótesis. El archivo digital 3D logrado mediante los softwares de diseño necesita ser producido. Para ello, existen dos tecnologías disponibles en la actualidad como lo son las técnicas de fabricación por sustracción dentro de las cuales están el fresado, la electro erosión y la ablación láser, tecnología en la cual la odontología se ha fundamentado últimamente para fresar mediante máquinas CNC (de control numérico por ordenador) que están presentando estándares de precisión superiores comparados con las técnicas convencionales de colados; y técnicas de fabricación aditivas como lo son la estereolitografía (SLA), modelado por deposición fundida (FDM), deposición directa de metal (DMD), sinterización láser selectiva (SLM) y fundido selectivo por haz de electrones (DBM), siendo la tecnología SLA con Láser y la tecnología DLP son las más utilizadas en odontología mediante esta técnica para trabajar con polímeros, con ellas se están imprimiendo modelos, férulas de cirugía guiada, provisionales, etc. Ya con niveles de del orden de las 15-30 micras para las de mejor precisión. ([Pradíes, 2018](#))

En la actualidad, los sistemas digitales ya están inmersos en la odontología moderna ya sea en casos de baja, media o alta complejidad

Los escáneres extraorales tienen hoy en día un claro uso en los laboratorios de prótesis y son capaces de digitalizar modelos e impresiones mediante diferentes sistemas como el óptico y el táctil, este último presenta algunas limitaciones relacionadas con el tamaño del captador así como con la velocidad de escaneado. Los sistemas de registro óptico extraoral, son más rápidos pero no llegan al nivel de precisión de los escáneres táctiles en algunos tipos de mediciones. Los de tipo ópticos están hoy en una precisión

que oscila entre las 6 y las 12 micras en muchos casos, que se considera suficiente para casi todo tipo de trabajos, excepto aquellos en los que están implicados un gran número de implantes para grandes prótesis atornilladas. En estos casos, casi todos los centros de fresado o laboratorios de gran producción CAD/CAM tienen siempre asociado un escáner táctil. (Pradíes, 2018)

Actualmente, la fiabilidad de los escáneres intraorales se puede garantizar, incluso con mejores resultados que los obtenidos por impresiones convencionales con hidrocoloides o elastómeros para aquellas preparaciones protésicas escaneadas en ausencia de sangre, saliva y con márgenes visibles. (Pradíes, 2018)

En general, a día de hoy las limitaciones de los escáneres intraorales se establecen en la obtención de arcos completos en los que se implican un gran número de restauraciones sobre dientes o implante. La razón, el error sistemático sumatorio que se produce según se va avanzando en el escaneado de la arcada, realizando las superposiciones de imágenes de fotografía o vídeos registradas por el escáner. (Pradíes, 2018), también se observado que algunas condiciones intraorales como la saliva o la limitación de espacio pueden interferir en la precisión de las imágenes obtenidas por escáneres intraorales (Flügge et al., 2013). Sin embargo, cuando se ha evaluado la influencia que tiene el tipo de preparación y geometría del diente en la nitidez de la imagen obtenida por el escáner intraoral se observó que cuanto mayor es la convergencia de las paredes opuestas mejor es la veracidad de las impresiones (Ashraf, 2020).

También se ha evaluado el impacto que tiene la presencia de dientes adyacentes y la ubicación de la línea terminal de las preparaciones de un 1er molar inferior con respecto al margen gingival sobre la nitidez de las imágenes tomadas con escáner intraoral CEREC Omnicam, de Dentsply Sirona y se encontró que la curvatura o el ángulo externo de la línea terminal de la preparación dental en superficie lingual se mantuvo constante independientemente de las condiciones en las que se desarrolló el escaneo; el de la superficie vestibular se vio afectado significativamente cuando la línea terminal de la preparación se encontraba yuxtagingival; el de la superficie mesial se vio significativamente afectado en presencia de dientes adyacentes y con proximidad a las

enciás; y el de la superficie distal se vio afectado significativamente por los tres factores de confusión. (Keeling y Ferrari, 2017).

La exactitud y precisión de la reproducción de los ángulos de preparación de las líneas terminales de molares inferiores obtenidas por escáneres extra orales e intraorales recientes – como el Primescan de Dentsply Sirona no han sido evaluadas ante la variación de estos dos factores: presencia y ausencia de dientes adyacente o ubicación de línea terminal con respecto al margen gingival.

3.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Existe concordancia entre las imágenes digitales obtenidas por el escáner extraoral inEos x5 y el escáner intraoral Primescan en la evaluación de los ángulos externos e internos de la línea de preparación para corona completa en cerámica?

4. JUSTIFICACIÓN:

Las impresiones se definen como la reproducción en negativo de las preparaciones dentales, dientes adyacentes y tejidos blandos relacionados. Es de vital importancia que la impresión sea fiel a la realidad, para poder construir a partir de ella una restauración adecuada. La impresión puede realizarse de manera convencional que es cuando se utilizan cubetas y materiales de impresión como se mencionaron anteriormente, y puede de igual forma realizarse por medio de un sistema digital.

Actualmente la impresión digital se ha incrementado en el campo odontológico porque facilita al clínico en muchos aspectos y le brinda al paciente mayor comodidad con respecto a la impresión convencional.

El desarrollo de la tecnología pasó de la máquina de fresado de copias a un sistema totalmente controlado por computadora, con una gran forma de base de la estructura dental permitiendo la producción automática de las restauraciones.

La sociedad a través del tiempo busca minimizar tiempo, comodidad, desarrollo tecnológico y otras que les faciliten la realización de tratamientos.

La investigación se enfoca en evaluar la concordancia de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos diferentes, escáner extraoral y escáner intraoral evaluando el diámetro y longitud en dientes anteriores y posteriores. Además, es importante realizar este estudio para comparar la exactitud y precisión entre estos escáneres.

5. SITUACIÓN ACTUAL

Se han realizado diferentes estudios en los que se evalúa la exactitud y la precisión de los escáneres intra y extraorales.

En el caso de los escáneres intraorales se ha encontrado hasta la fecha que brindan mayor comodidad al paciente debido a que disminuyen el tiempo de trabajo y simplifican los procedimientos clínicos, sin embargo cuentan con desventajas como la dificultad para detectar diferentes características de las preparaciones como lo son la línea terminal y los ángulos de la preparación, la dificultad para obtener una adecuada imagen en presencia de fluidos, además que requiere de una curva de aprendizaje y el costo del equipo es elevado. Los escáneres intraorales actuales son lo suficientemente precisos para capturar impresiones para fabricar restauraciones como lo son incrustaciones, cofias y estructuras, coronas individuales y prótesis parciales fija en dientes naturales e implantes o integrarse en implantología para cirugía guiada y en ortodoncia para fabricar alineadores y dispositivos a medida. ([Mangano et al., 2017](#))

En cuanto a los escáneres extraorales, la obtención de la imagen comienza desde una impresión convencional y la obtención de un modelo que será escaneado dependiendo los diferentes métodos que existen. Algunos sistemas ofrecen la posibilidad de escanear la impresión directamente sin fabricación de modelo, sin embargo el paso inicial del flujo de trabajo digital de alta precisión es una impresión analógica la cual requiere materiales de impresión y yesos de alta precisión para transferir la situación clínica en el laboratorio. Sin embargo, los inconvenientes que esta técnica presenta en la actualidad están relacionados con los pasos sensibles que existen antes de llegar a la obtención de la imagen. ([Shafiei et al., 2017](#))

Los escáneres han sido evaluados en diferentes modelos; en el caso de estudios sobre arcos completos se encontró que la reproducibilidad en una muestra de 80 impresiones a un modelo de referencia, 10 por cada escáner evaluado (Trios 3 velocidad normal de 3Shape, Trios 3 velocidad rápida de 3Shape, Carestream 3600 de Carestream, Medit i500 de Medit, iTero de Align technology, Cerec Omnicam v. 4.6.1 de Dentsply Sirona, Cerec Omnicam v. 5.0.0 de Dentsply Sirona, Primescan de Cerec Omnicam y el método convencional con silicona de adición) que la exactitud varió de 16.3 [2.8] μm hasta 89.9

[26.1] μm y la precisión osciló entre 10,6 [3,8] μm hasta 58,6 [38,4] μm con escáneres intraorales y que el método de convencional mostró una exactitud (16.3 [2.8] μm) y una precisión (10.6 [3.8] μm) mayor al ser comparados con los dispositivos IOS. Además, que los dispositivos IOS presentan una gran variedad en términos de exactitud y precisión para toma de impresiones sobre zonas parciales. (Ender *et al.*, 2019)

En preparaciones para coronas individuales se encontró con respecto a la exactitud que el escáner intraoral con triangulación activa y el escáner intraoral con láser confocal presentaban resultados significativamente diferentes al compararlos con el escáner extraoral con triangulación activa en todas las mediciones evaluadas sobre la preparación dental de un modelo de referencia. (Zhimizu *et al.*, 2017)

En modelos de referencias con dientes completos se ha evaluado que los valores de precisión oscilan entre 20.7 y 33.35 μm para el escáner intraoral y 19.5 a 37 μm para el escáner extraoral; de interés para este estudio se observó que la distorsión para el escáner intraoral fue 19,6 μm en la medida mesodistal (MD) y 16,4 μm para la medida vestibulolingual (BL) y 24.0 μm MD y 22.5 μm BL para escáner extraoral, además, el valor medio del escáner intraoral (413 μm) para la exactitud fue más cercano a la medida real (459 μm) que el escáner extraoral (396 μm). (Sason *et al.*, 2018)

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General:

Evaluar la exactitud de las imágenes digitales obtenidas por dos métodos de escaneo intraoral y extraoral, de los ángulos formados en la línea de preparación para corona completa en cerámica **sin diente adyacente** en una primera fase.

6.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la **exactitud** de los ángulos internos y externos de las preparaciones para corona completa cerámica con línea de terminación yuxta gingival en los 360° hechas en dientes Nissin # 46 **sin presencia de dientes adyacentes**, escaneados con escáneres extraoral e intraoral- con respecto al método estándar de oro.
- Determinar la **exactitud** de los ángulos internos y externos de las preparaciones para corona completa cerámica con línea de terminación supra gingival en los 360° hechas en dientes Nissin # 46 **sin presencia de dientes adyacentes**, escaneados con escáneres extraoral e intraoral- con respecto al método estándar de oro.
- Determinar la **exactitud** de los ángulos internos y externos de las preparaciones para corona completa cerámica con línea de terminación sub gingival en los 360° hechas en dientes Nissin # 46 **sin presencia de dientes adyacentes**, escaneados con escáneres extraoral e intraoral - con respecto al método estándar de oro.
- Comparar la **exactitud** de los ángulos internos y externos de las preparaciones para corona completa cerámica con línea de terminación a nivel - supra gingival, subgingival y yuxtagingival - en los 360° hechas en dientes Nissin # 46 **sin presencia de dientes adyacentes**, escaneados con escáneres extraoral con respecto al intraoral.

7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO:

7.1. Tipo de estudio: Evaluación de pruebas diagnósticas con análisis de concordancia

7.2. Población y muestra:

Tamaño de muestra:

Se utilizó una muestra probabilística de 50 dientes Nissin® [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] por cada una de las 3 condiciones evaluadas, calculada mediante la estimación del coeficiente de correlación intraclase, teniendo como valores de concordancia; un mínimo aceptado: $\ell_0 = 0.8$ y un mínimo ideal: $\ell_1 = 0.9$ con 95% de confiabilidad y un poder del 80%. [Fórmula Streiner y Norman, 1995].

Descripción de la muestra:

Preparaciones dentales. Preparación de corona completa cerámica realizada bajo las 3 condiciones descritas en la tabla 5, en dientes de simulación: primeros molares permanentes inferiores (46)[PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] montados cada uno en un modelo Nissin® inferior [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] con las siguientes dimensiones: 62 mm de altura X 77 mm de anchura en vista frontal y 43 mm de altura (similar a abertura natural de boca del paciente) X 67 mm de anchura en vista lateral.

Para **las impresiones intraorales** los modelos de simulación dental Nissin® tipo 1 inferior [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] fueron montados sobre la máscara de simulación [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] con su correspondiente modelo Nissin® superior [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] los cuales permiten sujetar el modelo de referencia mediante un sistema de magnetismo y consta de una cabeza, un articulador tipo 1 y una mascarilla.

Para las **impresiones extraorales** se tomaron inicialmente impresiones convencionales utilizando cubetas parciales metálicas de tamaño M [RIM LOCK Perforadas, BADER. Pontevedra, España]. Para la toma de la impresión sobre los

modelos Nissin se utilizó silicona de adición pesada [PANASIL putty soft. Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania] la cual cuenta con una base y un catalizador para ser mezclados manualmente en proporciones iguales y una silicona liviana [PANASIL initial contact light. Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania], la cual requiere para su mezclado una pistola dispensadora de silicona [Applyfix 4, Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania], que permite una mezcla homogénea, sin poros, para unas impresiones de alta precisión y restauraciones de ajuste perfecto. Posteriormente se realizó el vaciado de la impresión con yeso tipo IV [SILKY-ROCK ISO tipo IV, Whip-mix. Kentucky, Estados Unidos], se obtuvieron los modelos los cuales se recortaron a nivel del zócalo para dar una forma adecuada y se posicionaron sobre el brazo articulado del escáner extraoral [InEos X5, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos] para iniciar el proceso.

Tabla 5. Descripción de las tres condiciones evaluadas (Diseño de tabla: Martha Tamayo. Datos: Montealegre & Alfaro, 2021)

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
1	50 dientes Nissin # 46 con preparación para corona completa cerámica [Montagna, 2013], con línea de terminación supragingival en los 360° sin presencia de dientes adyacentes.
2	50 dientes Nissin # 46 con preparación para corona completa cerámica [Montagna, 2013], con línea de terminación yuxtagingival en los 360° sin presencia de dientes adyacentes.
3	50 dientes Nissin # 46 con preparación para corona completa cerámica [Montagna, 2013], con línea de terminación subgingival en los 360° sin presencia de dientes adyacentes.

Criterios de exclusión para modelos de simulación Nissin

- Modelo Nissin que presente la encía en malas condiciones (rasgada, perforada, manchada) alrededor del diente 46.
- Modelo Nissin con diente 46 preparado para corona completa en cerámica con oclusión inestable.
- Modelo Nissin con diente 46 preparado para corona completa que se encuentre fuera del fantoma.
- Modelo Nissin con diente 46 preparado para corona completa en cerámica con dientes ausentes diferentes a los dientes adyacentes al diente a preparar (45 y 47).

Criterios de exclusión para imágenes obtenidas por escáneres

- Imágenes de una impresión análoga para la obtención de un modelo en yeso que presente algún tipo de defecto.

Criterios de exclusión para impresiones convencionales

- Impresiones convencionales en silicona de adición que presenten algún tipo de defecto (rasgadura, burbujas, perforaciones) a nivel de la preparación del diente 46.
- Impresiones convencionales en silicona de adición que no presenten ningún tipo de defecto (rasgadura, burbujas, perforaciones) a nivel de los espacios edéntulos adyacentes al diente 46 preparado para corona completa cerámica.

Criterios de exclusión para modelos de yeso

- Modelos en yeso tipo IV obtenidos a partir de la impresión convencional en silicona de adición que presenten algún tipo de defecto (burbujas, perforaciones, desgastes, fracturas) a nivel del diente 46 preparado para corona completa libre de metal y/o en las zonas edéntulas adyacentes a este.

7.3. Métodos y técnicas para la recolección de la información

Método estándar de oro

Se usaron como método estándar de oro, las imágenes escaneadas en archivo [*stl] de los 50 modelos [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] por cada condición evaluada (Tabla 5). La digitalización de los modelos se realizó usando el escáner extraoral [InEOS X5, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos] junto con el software inLab versión 20 [DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos] siguiendo el protocolo establecido por la casa matriz donde, tras pulsar el botón de inicio el LED se encendió en color verde que indicó que el equipo estaba listo para funcionar, posteriormente se inició el software en el PC a través de la barra de inicio de Windows. Para la exploración se realizó la impresión óptica del modelo, se hizo clic en el botón “Opciones”, luego en “Alternar toma de impresión”, se seleccionó el catálogo de imágenes y se inició la impresión óptica, en ese momento el

LED se encendió en color amarillo que indicaba que se ha iniciado un proceso de impresión óptico automático. El modelo estaba posicionado de la siguiente manera: La superficie frontal del modelo estaba orientada hacia el tornillo de sujeción, en la posición intermedia del soporte de forma que el último diente distal se encontrara en la mediatriz del disco giratorio. Posteriormente, se seleccionó el modo "Importar modelo" para importar la imagen del modelo a partir de archivos *.stl. Para ello, se seleccionó en primer lugar el catálogo de imágenes al cual se importó el modelo *.stl y, a continuación, en el menú de pasos, se hizo clic en "Cargar", asegurándose de cargar el archivo *.stl del maxilar inferior en el catálogo de imágenes del maxilar inferior. La encía del modelo fue previamente arenada con óxido de aluminio [Al_2O_3 /50 micras - Bio-art -Sao Pablo- Brasil] a 2 bar de presión con el objetivo de opacar la superficie y lograr una correcta captación de la imagen adyacente. Para los dientes se utilizó el CEREC Optispray [CEREC Optispray, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos] donde, se colocó la boquilla en el frasco, se agitó y se dispensó una capa fina y homogénea de color azul sobre la superficie haciendo que esta se tornara mate y apoyando así el proceso de reproducción óptica.

Preparación de la muestra: Se realizó preparación del diente Nissin #46 [PRO2002-UL-UP-FEM-28, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] con fresa interproximal de tallo corto y grano grueso – verde de 150 micras [859G, JOTA. Rüthi, Suiza], luego con fresa troncocónica de punta recta y grano medio – azul de 106 micras [837L, JOTA. Rüthi, Suiza] se realizó la reducción de 1mm de las superficies V, L, M, D de acuerdo a las características de la preparación para corona completa cerámica (Keeling, 2017), con fresa oclusal para molares [811LG, JOTA. Rüthi, Suiza] se redujo 2mm de la cara oclusal. Para la evaluación de las medidas anteriormente descritas fue tomado como referencia el espacio formado entre la preparación dental y el intaglio de una matriz de silicona previamente realizada al diente 46 sin preparación y dividida en 4 secciones con el objetivo de ir evaluando con la sonda periodontal que se cumplieran los parámetros descritos. Se pulió la preparación en todas las superficies con los tipos de fresa anteriormente descritos en grano fino (rojo: 63 micras) y se biseló el ángulo formado entre la pared oclusal (horizontal) con las paredes V, L, M, D (vertical) con

fresa chamfer pesado de grano fino [878F, JOTA. Rüthi, Suiza]. La línea de terminación quedó supragingival a 1,5mm, yuxtapingival a 0mm o subgingival a 0,5mm según fue requerido. Las superficies de los dientes adyacentes ausentes fueron selladas con clavijas [A2A-240, NISSIN DENTAL PRODUCTS INC. Kyoto, Japón] que se insertarán en el alveolo dentario para transformar el modelo en uno desdentado parcial.

Toma de impresión con escáner intraoral [Primescan, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos – Hardware]: Se encendió el equipo, el escáner intraoral PRIMESCAN [CEREC Primescan AC, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos- hardware], se seleccionó el software CEREC 5.1 [CEREC SW 5, Dentsply, Sirona. Charlotte, Estados Unidos]. Los dientes fueron secados con aire previamente y se cambió a la fase de Adquisición donde el escáner estuvo listo para la exposición, se retiró la cámara de captación de su soporte y se posicionó sobre diente, se accionó el interruptor de pedal o se hizo clic con el cursor sobre el interruptor para iniciar el proceso de impresión óptica que durante la toma continua de los datos fue generando en la pantalla automáticamente el modelo en 3D a color debido a que el escáner toma imágenes que se colocan una junto a otra en relación espacial durante la medición en curso. El escaneo se realizó dividiendo la impresión óptica en 4 secuencias sucesivas: 1. Exploración oclusal: donde el disco de zafiro recubierto del escáner estuvo a una distancia óptima de 2mm (rango de 0-20mm) respecto a la superficie a escanear, este inicialmente se posicionó en una vista oclusal sobre la zona edéntula más próxima al diente preparado en dirección distal y se realizó la exploración en dirección mesial desplazando el escáner por la zona oclusal desde la posición distal, pasando por el diente preparado, hacia la zona edéntula en posición mesial, 2. Exploración bucal: El escáner se encontraba inicialmente sobre la zona edéntula adyacente posicionado en mesial respecto al diente preparado, éste fue girado 20º hacia la superficie bucal y fue guiado por toda la distancia bucal en dirección distal sobre el diente preparado, 3. Exploración lingual: El escáner se encontraba inicialmente sobre la zona edéntula adyacente posicionado distal junto a la preparación, éste fue girado 20º como máximo hacia lingual y fue guiado por toda la distancia de la zona lingual en dirección mesial sobre el diente preparado, 4. Exploración de superficies interproximales: Se desplazó el escáner

por la zona oclusal respecto al diente preparado. Se realizó la impresión óptica de las superficies interproximales en dirección distal y mesial. Posteriormente, tomó un registro bucal simple y múltiple con el cual se asignó la impresión óptica del maxilar, en este se realizó: 1. Exploración de la superficie oclusal, bucal y lingual del maxilar antagonista, 2. Antes del registro final, se realizó una exploración bucal de la mordida. Esta exploración bucal se realizó en un punto próximo a la preparación con el objetivo de disponer de una geometría suficiente para efectuar la impresión óptica. Adicional, se capturaron los dientes del maxilar superior e inferior y por lo menos 5 mm de la encía, y 3. Para la exploración del maxilar completo, se realizó una exploración bucal en ambos lados. Para ello, se pasó el escáner en la exploración bucal sobre los premolares de ambos cuadrantes. Luego, se realizó la exploración de los cuadrantes y del maxilar completo donde, se comenzó por la superficie bucal de los incisivos y se movió el escáner por el lado bucal por todo el cuadrante. Se desplazó el escáner por el diente en posición más distal hacia el lado vestibular, y se siguió el primer cuadrante hasta volver a los incisivos. Se inclinó el escáner ligeramente unos 30° en dirección coronal/apical. Se repitió este proceso para el otro cuadrante. Finalmente, se escanearon los dientes frontales de un canino al otro en dirección coronal/apical. Por último, cuando se completaron las impresiones ópticas se realizó la Finalización de las mediciones donde, se hizo clic en el botón de “siguiente” y el sistema calculó el modelo virtual y lo mostró en color; si presentaban las imágenes superficies en color beige significaba que hacían falta datos en la zona por lo que era necesario volver a la fase de Adquisición para realizar exploraciones para completar la estructura del modelo.

Toma de impresión extraoral [InEOS X5, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos - hardware]: Se tomaron inicialmente impresiones convencionales utilizando cubetas perforadas parciales metálicas de tamaño M [RIM LOCK Perforadas, BADER. Pontevedra, España], las cuales fueron las que se ajustaron a las características del modelo Nissin teniendo en cuenta que los flancos llegaran hasta el fondo del surco del modelo. Para la toma de la impresión sobre los modelos Nissin dentro de las máscaras de simulación se utilizó silicona de adición; un material de impresión elastomérico de polimerización por adición basado en polivinilsiloxano, con propiedades hidrofílicas,

resistente al desgarro, el cual viene en dos consistencias para su uso combinado: Una pesada [PANASIL Putty soft. Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania], la cual cuenta con 450ml de pasta base y 450ml de pasta catalizadora, las cuales deben ser mezcladas en la misma proporción con las manos limpias, formando una mezcla homogénea y que no presente betas; y una liviana [PANASIL initial contact light. Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania], la cual viene en presentación de 50ml y la cual requiere para ser dispensada de una pistola de dispensación de silicona con puntas de mezcla. Previamente la cubeta fue pincelada en su parte interna con adhesivo para silicona [PANASIL haftlack. Kettenbach GmbH & Co. Eschenburg, Alemania] y la impresión se tomó con técnica de un paso la cual consistió en la mezcla de la silicona pesada y liviana al tiempo, colocando la silicona pesada antes de su polimerización en la cubeta dejando a nivel del diente preparado una zona cóncava que le diera espacio a la silicona de consistencia liviana la cual requirió inicialmente que se desechara el primer centímetro de material para la verificación de una mezcla adecuada, esta fue dispensada sobre la silicona pesada y en la preparación dental sin levantar la punta para evitar la incorporación de aire, se llevó la cubeta al modelo posicionado en el fantoma y se esperaron 5 minutos para la polimerización del material antes de retirar la cubeta del modelo, posteriormente, se realizó la desinfección de la impresión bajo el protocolo establecido por la casa comercial.

Una vez la impresión con la condición a evaluar fue retirada del modelo Nissin, se esperó por lo menos 30 minutos para realizar el vaciado del modelo con yeso, donde se utilizó un yeso que se caracteriza por su baja expansión al fraguar que garantiza la exactitud en cualquier tipo de impresión, es de fácil uso, de consistencia cremosa y suave superficie [SILKY-ROCK ISO tipo IV, Whip-mix. Kentucky, Estados Unidos]. Éste se colocó en la taza plástica del mezclador [VAC-U-MIXER, Whip-mix. Kentucky, Estados Unidos] de tamaño y forma que no se permitiera la extravasación del material y que permitiera el llenado con 23ml de agua (para 100g de polvo), se realizó un mezclado inicial con espátula para yeso, se colocó la tapa y se activó el mezclador durante 20-30 segundos (a 350-450rpm), se dejó reposar durante 30 segundos para disminuir la cantidad de aire incorporado. Una vez obtenida la mezcla uniforme se dispensó sobre

la impresión lentamente y en pocas cantidades colocando la cubeta a 45° con respecto a la base del vibrador [GENERAL PURPOSE VIBRATOR, Whip-mix. Kentucky, Estados Unidos] y teniendo en cuenta que el tiempo de trabajo es de 3 minutos. Una vez finalizado este procedimiento se esperaron de 45 a 60 minutos para el fraguado del yeso y así poder retirar el modelo en yeso de la impresión. Una vez obtenidos los modelos se recortaron a nivel del zócalo y zonas laterales para dar una forma adecuada para la posterior toma de la impresión con el escáner extraoral [InEOS X5, DENTSPLY SIRONA. Charlotte, Estados Unidos]. Para lo cual se posicionó el modelo en yeso sobre el brazo articulado del escáner y se utilizó plastilina tipo pegamento debajo del modelo como medida adicional de adhesión para evitar alguna posibilidad de movimiento o desajuste del modelo, se colocó el modelo en posición vertical con la cara oclusal hacia la lámpara emisora de luz, se activó el escáner y éste siguió el protocolo de impresión inmerso en su software el cual permitió el movimiento del modelo en los 360°, dicha impresión tuvo una duración de aproximadamente 8 minutos, se verificó la imagen obtenida y en el caso que fuera necesario, se realizó una sobreimpresión de la información no obtenida inicialmente.

Indicadores de medición

Se realizaron marcaciones con fresa en filo de cuchillo sobre la preparación (muñón) para proyectar los puntos de medición, estas se encontraban para la superficie vestibular y lingual desde el punto medio de la marcación a 4mm de mesial y a 5mm de distal, para superficie mesial desde el punto medio de la marcación a 4,5mm de vestibular y lingual, y para la superficie distal desde el punto medio de la marcación a 5mm de vestibular y 4mm de lingual. Con las impresiones digitales intraorales y extraorales, se obtuvieron archivos en formato *STL, los cuales fueron exportados al programa de diseño asistido por computadora de piezas 3D Solid Edge [Solid Edge versión 2020, Siemens Digital Industry Software. Texas, Estados Unidos] para realizar la medición de 8 ángulos de las preparaciones [tabla 6] ubicando la imagen inicialmente en el sistema de coordenadas con una vista vestíbulo-lingual para los ángulos mesiales, en una vista mesio-distal para los ángulos vestibulares, en una vista mesio-distal para los ángulos linguales, y en una vista vestíbulo-lingual para los

ángulos distales con el objetivo de que se obtuviera una posición del modelo 3D que permitiera con la herramienta “línea” marcar las líneas de referencia que cada ángulo a evaluar y posteriormente, se seleccionó la opción “Smart dimension” la cual generó el ángulo formado propiamente y reportó el resultado en grados [°].

Tabla 6. Indicadores de medición – ángulos de líneas terminales. (Diseño de la tabla Martha Tamayo. Datos Montealegre & Alfaro, 2021)

Ángulos	Descripción
∠ V1	Ángulo externo de la línea de terminación de superficie vestibular
∠ V2	Ángulo interno de la línea de terminación de superficie vestibular
∠ L1	Ángulo externo de la línea de terminación de superficie lingual
∠ L2	Ángulo interno de la línea de terminación de superficie lingual
∠ M1	Ángulo externo de la línea de terminación de superficie mesial
∠ M2	Ángulo interno de la línea de terminación de superficie mesial
∠ D1	Ángulo externo de la línea de terminación de superficie distal
∠ D2	Ángulo interno de la línea de terminación de superficie distal

Instrucciones de medición con programa de diseño 3D Solid Edge [Solid Edge versión 2020, Siemens Digital Industry Software. Texas, Estados Unidos]

1. Se importó el archivo al programa de diseño Solid Edge, y se abrió el con propiedad *.stl bajo la plantilla iso metric part.par.

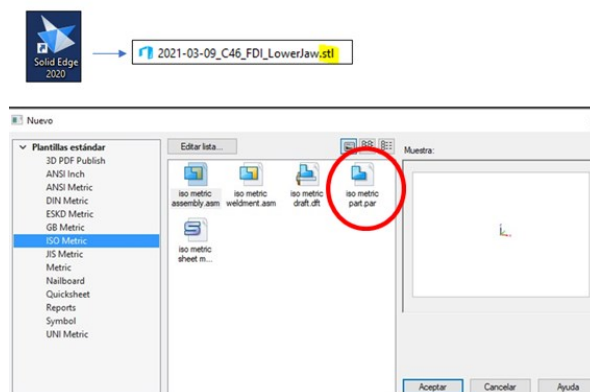


Figura 1. Programa de diseño Solid Edge 2020. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

2. De la barra de herramientas “Inicio” se eligió la herramienta “Seleccionar” para tomar la figura y posicionarla con el sistema de coordenadas de tal manera que la figura quedara ubicada en una vista de perfil de la zona donde se deseaba trabajar.

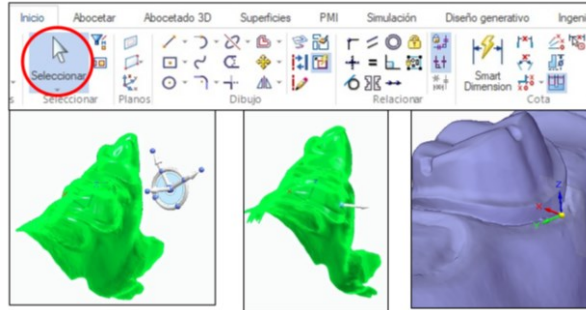


Figura 2. Ubicación del modelo en el sistema de coordenadas. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

Este paso nos permitió mover la figura 3D en los planos Y, X y Z para posicionarla de tal manera que nos generara un mejor ángulo de visión de cada zona a evaluar, sin embargo, este proceso fue posible estandarizarlo debido a que no indica medidas exactas y la guía de las mediciones fue la línea proyectada de la ranura de referencia realizada en el diente.

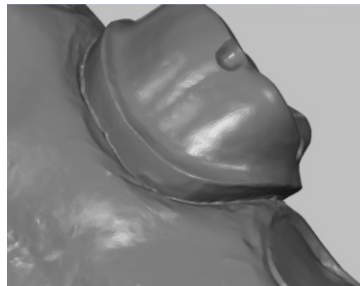


Figura 3. Vista vestibulolingual en superficie mesial para evaluación de ángulos mesiales. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

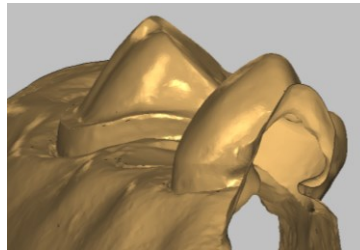


Figura 4. Vista mesodistal en superficie vestibular para evaluación de ángulos vestibulares. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

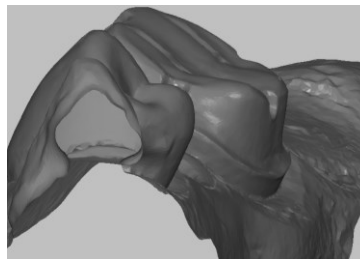


Figura 5. *Vista mesodistal en superficie lingual para evaluación de ángulos linguales. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

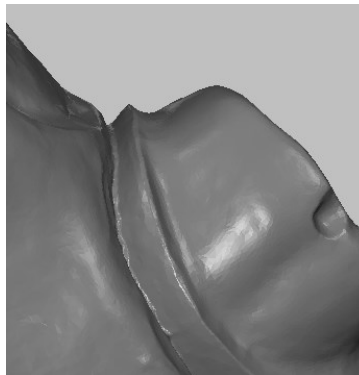


Figura 6. *Vista vestibulolingual en superficie distal para evaluación de ángulos distales. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

3. Ya posicionada la figura se seleccionó la herramienta “Línea” para poder trazar y medir las líneas desde la pared mesial, distal, vestibular o lingual según correspondiera hasta el punto medio de la ranura con el objetivo de estandarizar la posición de la línea de referencia que formó el ángulo a evaluar.

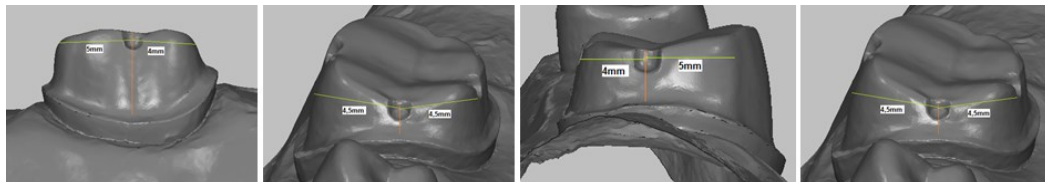


Figura 7. *Medidas para la estandarización de la posición de la línea de referencia. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

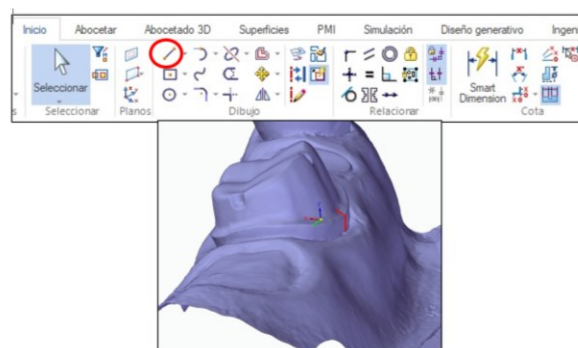


Figura 8. *Marcación de líneas de referencia para la formación del ángulo. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

4. Una vez se posicionó la imagen en el sistema de coordenadas y se marcaron las líneas de referencia; se seleccionó la herramienta “Smart dimensión” con el

objetivo de determinar el ángulo a evaluar. El ángulo podía ser obtenido de dos maneras: ángulo propiamente formado o ángulo proyectado.

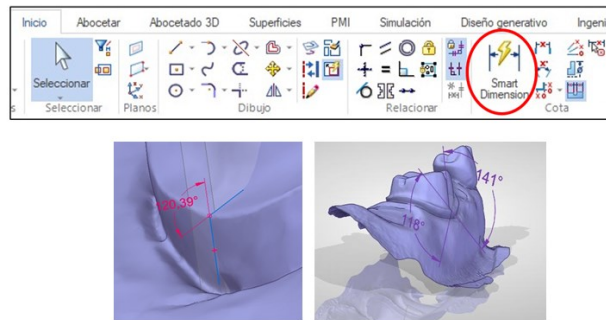


Figura 9. Medición del ángulo a evaluar mediante la función –Smart dimensión-. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

Evaluación de la exactitud

Con el fin de determinar la **exactitud de cada método de impresión** se compararán – para cada condición [tabla1]- las medidas obtenidas sobre los archivos digitales *STL de los 50 modelos del método estándar de oro con las obtenidas en los modelos obtenidos por cada uno de los métodos de impresión

Calibración de examinadores para el Software de diseño asistido por computadora de piezas 3D Solid Edge [Solid Edge versión 2020, Siemens Digital Industry Software. Texas, Estados Unidos]

Para la calibración de los examinadores en el manejo del método de medición [Solid Edge versión 2020, Siemens Digital Industry Software. Texas, Estados Unidos], se compararon entre sí para cada condición [tabla6]- las medidas obtenidas sobre los mismos archivos *STL de 5 modelos – codificados de manera diferente para cada medición - en tres oportunidades diferentes realizadas a intervalos de 3-4 días. Los resultados fueron evaluados a través del Coeficiente de Correlación Intra clase con ICC del 95% y se aceptó una calibración con un ICC > 0.9.

7.4 Plan de tabulación y análisis.

Las medidas obtenidas a partir de las dos pruebas – la estándar de oro y la evaluada - se reportarán en grados (°).

Para el análisis estadístico de exactitud y precisión se calculará el Coeficiente de Correlación Intraclass ICC, los intervalos de confianza IC (95%) y el valor de P, y se interpretarán siguiendo los criterios de Fleiss, 1986.

8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este estudio es un estudio experimental in vitro en el cual no se utilizaron muestras de procedencia humana o animal por tal razón no tiene ningún tipo de compromiso ético. *[RESOLUCION NUMERO 8430 DE 1993, Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud].*

9- RESULTADOS

Fase 1

Preparaciones dentales

Se realizaron 150 preparaciones para corona completa cerámica bajo los parámetros de [Keeling, 2017](#) –reducción de 2mm oclusal, línea terminal en hombro de 1mm, conicidad de 8°- y de las tres condiciones evaluadas descritas en la tabla 5, donde se realizó inicialmente una matriz de silicona la cual copiaba la superficie del diente Nissin #46 sin preparar, dicha matriz fue dividida en 4 segmentos con un bisturí y se marcó en segmento 1: mesovestibular, segmento 2: distovestibular, segmento 3: distolingual, y segmento 4: mesolingual, con el objetivo de evaluar la preparación en los 360° y que esta cumpliera con los parámetros establecidos.



Figura 10. *Matriz de silicona para estandarización de preparación para corona completa cerámica. Foto captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*



Figura 11. *Preparación para corona completa cerámica evaluada con la matriz de silicona. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

La preparación dental se realizó utilizando una fresa troncocónica de halo verde con punta recta y fresa oclusal de halo verde para la reducción de esta zona, siempre evaluando la preparación realizada con la matriz de silicona. Finalmente, se pulió la restauración en su totalidad con las fresas anteriormente descritas pero de halo rojo.



Figura 12. *Preparación para corona completa cerámica de diente Nissin #46 con fresa troncocónica de halo azul. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

Toma de impresiones

Se realizó inicialmente la toma de las impresiones estándar de oro donde se posicionaron los dientes preparados y las clavijas sobre el modelo Nissin®, se dispensó CEREC Optispray sobre la superficie con el objetivo de opacarla, se posicionó el modelo sobre el brazo articulado del escáner extraoral InEos X5 para iniciar la captación de la imagen. Una vez obtenida la imagen se marcó el archivo y se exportó en formato *.stl.

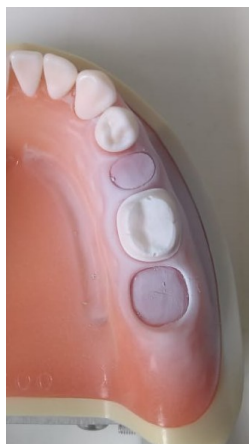


Figura 13. *Modelo Nissin con CEREC Optispray en su superficie. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

Luego se realizó el escaneo de los modelos Nissin® con los dientes preparados montados en los fantasmas con el escáner intraoral Primescan donde, se realizó la marcación del modelo, se captó la imagen con la cámara hasta obtener la fiel copia de la zona del diente 46, se guardó la imagen y se exportó en formato *.stl.



Figura 14. Escáner intraoral Primescan Dentsply SIRONA. Imagen obtenida de la web oficial de Dentsply SIRONA.

Para la toma de impresiones con el escáner extraoral InEos X5, se realizó previamente la toma de las impresiones convencionales del modelo Nissin® con silicona de adición y cubetas stock metálicas esperando 5 minutos para la polimerización completa del material, se esperaron 30 minutos y se realizó el vaciado de las impresiones con yeso tipo 4, se esperaron 45 minutos para el fraguado y se recortó el modelo. Se posicionó el modelo sobre el brazo articulado del escáner extraoral para iniciar la captación de la imagen. Una vez obtenida la imagen se marcó el archivo y se exportó en formato *.stl



Figura 15. Silicona de adición Panasil®. Imagen obtenida de la web oficial de Kettenbach DENTAL.



Figura 16. *Yeso tipo 4 Silky Rock – WhipMix. . Imagen obtenida de la web oficial de Whip Mix.*



Figura 17. *Escaneo con InEos X5. . Imagen obtenida de la web oficial de Dentsply SIRONA.*

Proceso calibración examinador

Se explicó al examinador cuales eran las zonas a evaluar en los archivos *.stl y cuáles eran los ángulos que debían obtenerse, se compartieron con el examinador 5 modelos repetidos 3 veces para un total de 15 archivos codificados de diferente manera.

Nombre	Tamaño	Propiedades	Última modificación	Tamaño de archivo
MODELO 1.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 2.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 3.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 4.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 5.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 6.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 7.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 8.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 9.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 10.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 11.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 12.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 13.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 14.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB
MODELO 15.45 .stl	11.1 KB	stl	23 ago 2021, 11:11 AM	11.1 KB

Figura 18. *Triplicación y codificación de archivos para calibración. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.*

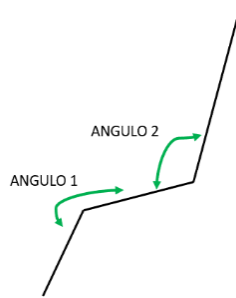


Figura 19. Representación de los ángulos a evaluar –externo e interno de la línea de terminación-. Imagen realizada por Montealegre & Alfaro, 2021.

Mediante acompañamiento por videollamada junto al examinador se verificó que las medidas obtenidas durante la evaluación de cada modelo fueran lo más exactas posibles y se realizaran bajo el protocolo planteado. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass CCI, el evaluador obtuvo ICC de 0.99 a 1 (IC95% 0.997-1) en todos los ángulos excepto en el ángulo M2 en el que obtuvo un ICC de 0.484 (IC95% -0.54-0.916), por lo que en la siguiente fase debe repetirse la calibración para ese ángulo.

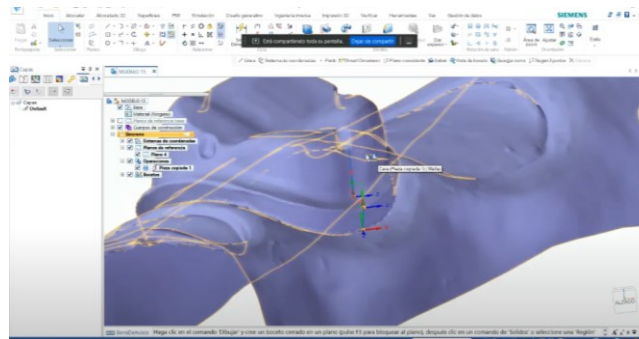


Figura 20. Medición de los diferentes ángulos en programa de diseño 3D Solid Edge, 2020. Imagen captada por Montealegre & Alfaro, 2021.

10. REFERENCIAS

1. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J ProstRes*. 2016;60(2):72-84.
2. American Academy of Prosthodontic. The glossary of prosthodontic terms: ninth edition. *J ProsthetDent*. 2017 May; 117(5S):e1-e105.
3. Barry S. Impression materials: A comparative review of impression materials most. *Dental Clinics of North America*. 2007; 51(3): 629-42.
4. Bohner L, De Luca C, Marció B, Laganá D, Sesma N, Tortamano N. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *J ProsthetDent*. 2017; 118(5): 617-23.
5. Braian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanned edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. *J ProsthetDent*. 2019; 122(2): 129-36.
6. Cadent debuts “next generation” iTero digital impression system. *ImplantTribune*. US edition. 2007;1(12):14.
7. Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int J Comput Dent*. 2013;16(1):11-21.
8. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete- and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J CompDent*. 2019; 22(1): 11-9.
9. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(3):471-8.
10. Galhano G, Pellizzer E, Mazaro J. Optical impression systems for CAD-CAM restorations. *J CraniofacialSurgery*. 2019; 23(6):572-9.
11. García-Martínez IC. Estudio experimental comparativo de elastómeros de impresión “digitalizables” vs. “no digitalizables” [Trabajo de Grado]. Madrid: Programa de Maestría de Ciencias Odontológicas- Universidad Complutense de Madrid, 2014.
12. Gokcen B, Ongul D, Sancakli E, Sermet B. Comparative evaluation of the effects of implant position, impression material, and tray type on implant impression accuracy. *Implant dent*. 2014; 23(3): 283-8.
13. Hong S, Lee H, Paek J, Pae A, Kim H, Kwon K, Noh K. Combining Conventional Impressions and Intraoral Scans: A Technique for the Treatment of Complete Denture Patients with Flabby Tissue. *J ProstDent*. 2019; 28(5): 592-95.

14. Keeling A, Wu J, Ferrari M. Confounding factors affecting the marginal quality of an intra-oral scan. *J Dent*. 2017; 59: 33-40.
15. Lava Chairside Oral Scanner C.O.S: 3M ESPE Technical Datasheet, St. Paul, MN, 2009.
16. Logozzo S, Franceschini G, Kilpela A. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Int J Med Tech*. 2011;5(1): 1-18.
17. Mandelli F, Gherlone E, Gastaldi G, Ferrari M. Evaluation of the accuracy of extraoral laboratory scanners with a single-tooth abutment model: A 3D analysis. *J Prosthodont Res*. 2017; 61(4): 363-70.
18. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017; 17(1):149.
19. Menees T, Radhakrishnan R, Ramp L, Burgess J, Lawson N. Contact angle of unset elastomeric impression materials. *J ProstDent*. 2015; 114(4): 779-96.
20. Ministerio de Salud. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Resolución 8430 de 1993. Bogotá: Ministerio de Salud-República de Colombia. 1993.
21. Montagna F, Barbesi M. Ceramics, zirconio y CAD/CAM. 1ra ed. Caracas: Amolca; 2013.
22. Mormann W. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc* 2006; 137:7S-13S.
23. Papadiochos, I. Papadiochou, S. Emmanouil, I. The historical evolution of dental impression materials. *J Hist Dent*. 2017; 65: 79–89.
24. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. *Dent Clinics of North America*. 2017;61(4):779–96.
25. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, Lauer A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent*. 2017;118(1):36-42.
26. Sason G, Mistry G, Tabassum R, Shetty O. A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An *in vivo* study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2018; 18(2): 108–16.
27. Shahab U, Parker S, Braden M, Mangala P. The effects of cross-linking agent and surfactant on the tear strength of novel vinyl polysiloxane impression materials. *J Dent Materials*. 2018; 34(12): 334-43.

28. Shimizu S, Shinya A, Koruda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *J Dent Mater.* 2017; 36(4): 402-7.
29. ShubhaR. Chowdhary R. Mahoorka S. A systematic review of impression technique for conventional complete denture. *J Indian Prosthodont Soc.* 2010; 10(2):105–11.
30. Susic I, Travar M, Susic M. The application of CAD / CAM technology in Dentistry. *IOP Conf. Series: Mater Science and Engineering.* 2019; 200.
31. Vasiliu M, Sachelarie L, Romila L, Shardi A, Stadoleanu C, Tomita D. Rheological Properties of Some Materials Used for Dental Impression. *J Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering.* 2017; 34, pp 75-81.
32. Young Sim J, Jang Y, Chul Kim W, Young Kim H, Hwan Lee D, Hwan Kim J. Comparing the accuracy (trueness and precision) of models of fixed dental prostheses fabricated by digital and conventional workflows. *J Prosthodont Res.* 2019; 63(1): 25-30.
33. Zimmermann M, Koller C, Rumetsch M, Ender A, Mehl A. Precision of guided scanning procedures for full-arch digital impressions in vivo. *J Orofac Orthop.* 2017; 78(6):466–71.