



**Correlación de puntos de contacto en registros oclusales digitales e
impresos en 3D.**

AUTORES

SHARON ALEXANDRA DIOSA MARTINEZ

JUAN SEBASTIAN OLAYA VILLAQUIRAN

COLEGIO ODONTOLÓGICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC

REHABILITACIÓN ORAL IV SEMESTRE

SANTIAGO DE CALI

2026-1

**CORRELACIÓN DE PUNTOS DE CONTACTO EN REGISTROS OCLUSALES
DIGITALES E IMPRESOS EN 3D.**

AUTORES

JUAN SEBASTIAN OLAYA VILLAQUIRAN
SHARON ALEXANDRA DIOSA MARTINEZ

ASESOR CIENTÍFICO

LUIS FELIPE MARQUEZ GARCIA

ASESOR METODOLÓGICO

ALEJANDRA ORDOÑEZ MOLINA

ASESOR ESTADÍSTICO

JULIAN ANDRES TAMAYO

COLEGIO ODONTOLÓGICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC

REHABILITACIÓN ORAL IV SEMESTRE

2026-1



Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, 9 de marzo 2026

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a la constancia y compromiso; en primer lugar, a nuestros padres, quienes han sido nuestro pilar fundamental para realizarlo. Gracias por cada sacrificio realizado, por el amor la paciencia y por enseñarnos el valor de la responsabilidad y la perseverancia.

A nuestros docentes, por guiarnos, compartir sus conocimientos y motivarnos a dar siempre lo mejor de nosotros. Su orientación ha sido clave en nuestra formación académica y profesional.

Y a nuestros compañeros, por acompañarnos en este camino, por el apoyo, los momentos compartidos y por el trabajo en equipo que hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable.

Con gratitud y orgullo, presentamos este logro como resultado del esfuerzo conjunto y del apoyo de todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por el apoyo financiero de este proyecto, a la institución UNICOC por brindarnos el espacio para llevar a cabo dicha investigación, a nuestros tutores por su tiempo y dedicación.

TABLA DE CONTENIDO

1. Contenido	
2. INTRODUCCIÓN	9
3. PROBLEMA DE INVESTIGACION	11
3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
4. MARCO TEÓRICO	16
5. OBJETIVOS	30
5.1 OBJETIVO GENERAL	30
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
6. METODOLOGÍA	31
6.2 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO	31
6.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES	31
6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	33
6.1.1 Inclusión de pacientes para estudio	¡Error! Marcador no definido.
6.1.2 OBTENCIÓN DE REGISTROS DIGITALES	33
6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	40
7.1 RESULTADOS	42
7.1.1 Incisivos Inferiores	42
7.1.2 Incisivos Superiores	42
7.1.3 Caninos Inferiores	42
7.1.4 Caninos Superiores	43
7.1.5 Molares Inferiores	43
7.1.6 Molares Superiores	44

DISCUSIÓN	45
8. RECOMENDACIONES.....	51
9. CONCLUSIONES.....	52
I. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
CUESTIONARIO DE FILTRO	63
<i>(Basado en criterios clínicos y esquemas de Okeson)</i>	63
ANEXOS	64
Imágenes escaneos.	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: concordancia sustancial variable	42
Tabla 3: concordancia variable.....	42
Tabla 4: concordancia variable.....	43
Tabla 5: concordancias variables	43
Tabla 6: concordancia variables	43
Tabla 7: concordancia variables	44

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1: Método de escaneo por estereolitografía.....	22
Figura 2: método de impresión	23
Figura 3: Tabla de verificación de cercanía por colores de dientes superiores con inferiores	38
Figura 4: Trazado de exploración con AoralScan 3 (Shining).....	33
Figura 5: Escaner intraoral. AoralScan 3 Shining.....	35
Figura 6: Modelo dental con soportes- Interfaz de Chitubox Dental.....	36
Figura 7: Impresora AccuFab-L4D.....	37
Figura 8: Vista frontal de oclusión de modelo digital... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 9: Modelo impreso prueba piloto..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 10: Stl en programa MEDIT Link..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 11: Modelo de colores en programa Medit link ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 12: Cortes transversales en modelos ¡Error! Marcador no definido.	

GLOSARIO

Digital: Relativo a la tecnología que utiliza sistemas electrónicos para representar, almacenar o procesar información mediante códigos numéricos, generalmente en formato binario.

Digitalización: Proceso mediante el cual la información o un objeto físico es convertido en un formato digital mediante el uso de tecnologías como escáneres o software especializado, permitiendo su almacenamiento, análisis y manipulación en sistemas informáticos.

Escaneo: Proceso de captura de la forma o superficie de un objeto mediante dispositivos especializados que generan una representación digital del mismo, comúnmente utilizada en odontología digital para obtener modelos tridimensionales.

Esquemas oclusales: Conjunto de relaciones funcionales entre los dientes superiores e inferiores durante los movimientos mandibulares, que determinan la forma en que se distribuyen las fuerzas oclusales durante la masticación.

Exactitud: Grado en que una medición, resultado o representación se aproxima al valor real o verdadero del objeto o fenómeno evaluado.

Fiabilidad: Grado de consistencia y estabilidad de un método, procedimiento o instrumento al producir resultados similares en diferentes mediciones o evaluaciones.

Impresión: Proceso mediante el cual se fabrica un objeto físico a partir de un modelo digital, generalmente mediante tecnologías de fabricación aditiva como la impresión 3D.

Intercuspidación: Relación de contacto entre las cúspides de los dientes superiores e inferiores cuando la mandíbula se encuentra en máxima oclusión, permitiendo una adecuada estabilidad y función masticatoria.

Precisión: Capacidad de un método o instrumento para obtener resultados consistentes o repetibles cuando se realizan múltiples mediciones bajo las mismas condiciones.

Termoplástico: Tipo de material polimérico que se vuelve flexible o moldeable cuando se calienta y se endurece al enfriarse, permitiendo su reutilización y aplicación en procesos de fabricación como la impresión o el moldeo.

Tridimensional: Que posee tres dimensiones (alto, ancho y profundidad), permitiendo la representación o análisis de objetos con volumen en el espacio.

2. INTRODUCCIÓN

La toma de impresiones dentales es el procedimiento fundamental de la práctica odontológica y restauradora, ya que esta es la base y punto de partida de muchos tratamientos definitivos. Una impresión dental se define como el negativo o reproducción inversa de las estructuras dentarias y, en ocasiones, de los tejidos periodontales adyacentes la cual permite al profesional obtener modelos de trabajo precisos para el diagnóstico, la planificación, el tratamiento y la ejecución de las diversas especialidades rehabilitadoras, incluyendo la ortodoncia, la implantología oral y la prótesis dentofacial. En la actualidad, los sistemas de impresión tienen dos clasificaciones, siendo la convencional la más común, la cual se basa en materiales elastómeros y cubetas como alginatos, siliconas, y pastas para impresiones de prótesis totales y las impresiones digitales, las cuales se obtienen mediante un escáner intraoral y se visualizan en un software. (1)

La obtención de registros oclusales mediante escáneres intraorales y un software que permite visualizar cómo será la restauración definitiva es un paso gigante en el avance y la optimización de pasos y materiales empleados en los tratamientos restaurativos, pero debemos considerar la exactitud y la precisión; exactitud, es el grado de cercanía entre la medida obtenida por el escáner y la medida real del objeto físico (el diente o la arcada) y la precisión es el grado de consistencia o repetitividad al medir el mismo objeto varias veces. (1)

En repetidas ocasiones, el método análogo ha tenido fallas de exactitud en rangos muy pequeños, pero aún existen, esto aumenta la posibilidad de considerar que los registros digitales también puede tener cierto margen de error. (2)

El método análogo ha tenido fallas de exactitud en rangos muy pequeños, pero aún existen. Estudios in vitro han demostrado que, si bien las impresiones digitales presentan una veracidad comparable o incluso superior a las convencionales, la precisión puede variar significativamente según el sistema de escaneo utilizado (3)

Mediante estudios se ha demostrado que la impresión convencional es una técnica que produce errores en su exactitud por diferentes factores como una incorrecta selección de la cubeta de impresión, la incorrecta aplicación del adhesivo, entre otros, es por ello por lo que se quiere correlacionar los puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D; los puntos de contacto son las áreas de contacto entre los dientes adyacentes en la arcada dental cuando los dientes están en oclusión. Los puntos de contacto juegan un papel crucial en la distribución adecuada de las fuerzas de masticación y en la estabilidad de la oclusión. Un equilibrio adecuado en los puntos de contacto es esencial para adquirir información veraz que va a servir para futuros investigadores y clínicos. (4)

3. PROBLEMA DE INVESTIGACION

En la actualidad, uno de los aspectos más relevantes y desafiantes en el campo de la rehabilitación oral se relaciona con las impresiones que se obtienen de los pacientes para el diagnóstico, estudio, planificación y ejecución de tratamientos. La odontología ha experimentado avances significativos gracias a las tecnologías y ayudas digitales disponibles. Estas herramientas no solo han mejorado la eficiencia económica de las consultas, sino que también han elevado los estándares de atención al paciente al optimizar el uso del tiempo y los materiales. Además, permiten que el proceso de impresión sea más eficiente y cómodo. Aunque los materiales usados en las impresiones convencionales pueden ser muy precisos, también presentan desventajas, como la deformación del material por las condiciones ambientales durante su manipulación, la posibilidad de deformación mínima al retirarlo de la boca o al volver a colocarlo para técnicas de dos pasos, y el malestar de los pacientes durante el procedimiento. (5)

Un aspecto importante a tener en cuenta en la rehabilitación son los registros oclusales, ya que gracias a ellos se obtienen restauraciones que se adaptan a la situación clínica del paciente que se pretende solucionar, y en situaciones donde se requiera la modificación completa de la oclusión donde se debe generar un registro oclusal confiable y reproducible, ya que los datos obtenidos se transfieren al articulador, donde se realizarán los procedimientos de laboratorio, sin alterar la dimensión vertical. (5)

Tradicionalmente, para analizar los contactos oclusales directamente en pacientes o incluso en modelos de yeso se han adoptado como estándar papeles de articulación de diferentes espesores, así como láminas de calce (lámina de aluminio de 8 μ). Según la literatura revisada, la sensibilidad táctil oclusal de los dientes naturales puede ser tan baja como 8 a 10 μ m; por tanto, el papel de articular de 8 μ m parece más apropiado que otros espesores como los de 40 o 200 μ m (2)

La odontología digital ha revolucionado la práctica clínica al optimizar diversos procedimientos odontológicos. Frente a las limitaciones de las técnicas análogas para la toma de impresiones, esta tecnología ofrece una solución innovadora mediante el uso de escáneres intraorales. Estos dispositivos capturan múltiples imágenes digitales que permiten reconstruir con precisión la anatomía bucal y los patrones oclusales del paciente. Entre sus principales ventajas destacan su facilidad de manejo, la significativa reducción en tiempo de trabajo y el ahorro de materiales. Adicionalmente, esta técnica mejora la experiencia del paciente al ser más confortable y aumenta la eficiencia clínica durante los procedimientos. Estas características han posicionado a la digitalización como el método de elección para elevar tanto la calidad de la atención como los resultados de los tratamientos odontológicos. (6)

En este orden de ideas, no se trata de reemplazar o sacar de circulación las técnicas convencionales que por años también brindan resultados satisfactorios y que con un buen manejo son técnicas viables en cualquier situación. La fusión o complementación de la técnica digital con la análoga también ha sido una excelente opción a la hora de querer trabajar por preferencias.

En ciertas situaciones se evidencia por algunos factores clínicos o físicos del paciente el no ser aceptable realizar la técnica convencional, para ello se ha encontrado la solución de realizar este escaneo en modelos análogos obtenidos anteriormente, se realiza en una mesa de modelos y así se realizan los modelos digitales en el software. (6)

En la misma línea, Tomita y colaboradores (2018) compararon la exactitud de modelos digitales generados por dos métodos: impresión convencional con vaciado en yeso versus escaneo intraoral directo. Los autores encontraron que los modelos digitales obtenidos por escaneo intraoral mostraron una exactitud clínicamente aceptable, aunque con ligeras diferencias en ciertas regiones del arco dental. Estos hallazgos refuerzan la noción de que los modelos digitales pueden ser utilizados como una alternativa confiable a los métodos convencionales, siempre que se considere el margen de error inherente a cada técnica. (7)

Actualmente, se evidencia la ventaja y el beneficio de la odontología digital en la rehabilitación oral. La toma de impresiones digitales, la digitalización de un modelo por medio del escaneado previo y la visualización de dicho modelo en un software de diseño son pasos novedosos y adelantados a lo que se acostumbraba a ver en la odontología (8). Ahora bien, las nuevas ayudas digitales también vienen con la peculiaridad de tener cierto rango de inexactitud, es trabajo del personal de odontología y de cada especialidad que se beneficia de estas ayudas asegurarse de que son adecuadas e indicadas para el tratamiento en el cual pretende usarse.

Un estudio comparó las mediciones de relaciones oclusales y dimensiones de arcos tomadas de modelos de estudio digitales con las tomadas de modelos de yeso (9). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos en 12 de las 16 características oclusales medidas, con las mediciones en los modelos de yeso siendo mayores en la mayoría de los casos. Sin embargo, estas diferencias no fueron de magnitud suficiente como para tener relevancia clínica. Esto sugiere que los modelos digitales pueden ser utilizados como complemento en la evaluación clínica de la oclusión, aunque no necesariamente sustituyen a los métodos tradicionales para fines científicos.(9)

Otro estudio evaluó la fiabilidad y validez de las mediciones realizadas en modelos de yeso y modelos digitales generados mediante escaneo intraoral. (6) Sin embargo, las diferencias no fueron significativas desde el punto de vista clínico, y las mediciones digitales mostraron una mayor eficiencia en términos de tiempo. Esto indica que los modelos digitales pueden ser una alternativa fiable y eficiente a los modelos de yeso para análisis ortodónticos (2)

Estos estudios indican que, aunque existen diferencias en la precisión de los puntos de contacto entre modelos análogos y digitales, estas diferencias suelen estar dentro de límites clínicamente aceptables. No obstante, es importante considerar que las variaciones en la precisión pueden influir en la evaluación de detalles finos, como los puntos de contacto interproximales y oclusales. Por lo que esta investigación sobre la comparación de puntos de contacto en modelos impresos

versus modelos análogos es relevante y puede aportar información valiosa sobre la aplicabilidad clínica de los modelos digitales en odontología. (10)

3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la exactitud de los puntos de contactos oclusales obtenidos en máxima intercuspidad en modelos digitales comparados con modelos impresos en 3D?

HIPÓTESIS NULA: No existen diferencias entre los puntos de contactos oclusales del modelo digital obtenidos mediante el escaneo intraoral en máxima intercuspidad y los modelos impresos en 3D

HIPÓTESIS ALTERNA: Existen diferencias entre los puntos de contactos oclusales del modelo digital obtenidos mediante el escaneo intraoral en máxima intercuspidad y los modelos impresos en 3D

4. MARCO TEÓRICO

La unidad funcional del organismo que se encarga de la masticación, el habla y la deglución desempeñan un papel importante en los sistemas estomatognático, el sistema está formado por huesos, articulaciones, ligamentos, dientes y músculos. Además, existe un intrincado sistema de control neurológico que regula y coordina todos estos componentes estructurales. La información sensorial del sistema estomatognático se transmite principalmente a través del nervio trigémino hacia varias regiones del sistema nervioso central (SNC). Esta información sensorial activa diferentes áreas en el tronco encefálico y el neocórtex, las cuales desempeñan funciones de importancia. Uno de los componentes de esta unidad funcional es el maxilar superior y la mandíbula; el maxilar superior se desarrolla cuando se fusiona la sutura palatina media y constituyen la mayor parte del esqueleto facial superior, el borde del maxilar se extiende hacia arriba para formar el suelo de la cavidad nasal, así como el de las órbitas. En la parte inferior, los huesos maxilares forman el paladar y las crestas alveolares, que sostienen los dientes. La mandíbula, hueso en forma de U, sostiene los dientes inferiores y constituye el esqueleto facial inferior. No dispone de fijaciones óseas al cráneo. Está suspendida y unida al maxilar mediante músculos, ligamentos y otros tejidos blandos, los cuales proporcionan a la mandíbula la movilidad necesaria para su función con el maxilar. (11)

El deterioro de los dientes puede ser ocasionado por problemas de alineación dental (oclusión) o por bruxismo (apretar y rechinar los dientes), lo que resulta en la erosión de la estructura dental en los bordes o en las superficies de mordida. Otra forma de desgaste ocurre en el cuello de los dientes, causado por el uso de cepillos de dientes duros o una técnica de cepillado incorrecta. El bruxismo también puede contribuir a este tipo de desgaste. Si no se aborda la causa subyacente, estos problemas pueden empeorar y eventualmente provocar la pérdida de los dientes si no se tratan a tiempo. (11)

Los esquemas oclusales de Okeson representan una clasificación fundamental en el estudio de la dinámica mandibular y la interacción dentaria. Jeffrey P. Okeson, experto en desórdenes temporomandibulares y oclusión, propone tres esquemas principales: oclusión mutuamente protegida, oclusión en grupo funcional y oclusión bilateral balanceada. El primero, considerado ideal en denticiones naturales, se caracteriza por el soporte posterior en posición de máxima intercuspidad (MI) y la guía anterior durante los movimientos excursivos, protegiendo así a los dientes posteriores de cargas laterales excesivas. El segundo esquema distribuye las fuerzas oclusales en múltiples dientes del lado de trabajo, mientras que el tercero, aplicado principalmente en prótesis completas, busca contactos simultáneos bilaterales para garantizar estabilidad. (11)

La relevancia de estos esquemas radica en su impacto sobre los puntos de contacto dentarios, ya que determinan la distribución de fuerzas masticatorias y previenen desequilibrios biomecánicos. Por ejemplo, en una oclusión mutuamente protegida, los contactos posteriores en MI absorben las cargas axiales, mientras que los caninos—junto con los incisivos—des ocluyen los posteriores en movimientos protrusivos o laterales, evitando interferencias nocivas. Comprender estos principios es esencial para tratamientos de rehabilitación oral, ortodoncia y manejo de trastornos articulares, pues una oclusión armónica minimiza riesgos de desgaste dental, sobrecarga muscular o disfunción ATM. Okeson enfatiza que el análisis individualizado del esquema oclusal, junto con una correcta identificación de los puntos de contacto, es la base para intervenciones clínicas exitosas y duraderas, para ello se deben tener en cuenta los siguientes movimientos:

Movimiento Protrusivo:

- Los incisivos deben guiar el movimiento (guía anterior), evitando contactos posteriores.
- Si hay contactos posteriores (interferencias), pueden generar sobrecarga muscular o articular.

Movimiento Lateral:

- Esquema Canino: El canino de trabajo (lado hacia el que se mueve la mandíbula) guía el movimiento, desconectando los posteriores (desoclusión).
- Esquema Grupo: Múltiples dientes del lado de trabajo contactan simultáneamente.
- Okeson recomienda el esquema canino por su menor carga articular y muscular.

Interferencias Oclusales

- Interferencias en RC-MI: Contactos prematuros que desvían la mandíbula al cerrar.
- Interferencias en Movimiento: Contactos no deseados durante la dinámica mandibular (ej.: balances no funcionales en protrusión o lateralidad).

Importancia Clínica

- Una oclusión equilibrada (según Okeson) debe:
 - Distribuir fuerzas axiales.
 - Evitar contactos traumáticos en movimientos.
 - Coordinar RC y MI para reducir estrés articular.
- Las interferencias pueden contribuir a:
 - Bruxismo.
 - Dolor muscular (ej.: mialgias en masetero o temporal).
 - Disfunción articular (ej.: desplazamiento discal). (11)

Odontología digital

No todos los escáneres intraorales presentan el mismo nivel de exactitud. Mangano y colaboradores (2019) evaluaron cinco sistemas de escaneo intraoral diferentes en impresiones sobre implantes, encontrando diferencias significativas en veracidad y precisión entre ellos. Algunos escáneres mostraron desviaciones medias inferiores a 50 μm , mientras que otros superaron los 100 μm , lo que sugiere que la elección del dispositivo puede influir directamente en la calidad del registro oclusal digital. Estos hallazgos son especialmente relevantes para la presente investigación, ya que la exactitud de los puntos de contacto en máxima intercuspidadación podría verse afectada por el escáner utilizado.(12)

De manera complementaria, Güth y colaboradores (2017) compararon la exactitud de cinco escáneres intraorales frente a la digitalización indirecta (escáner de laboratorio), considerada como referencia. Sus resultados demostraron que, aunque todos los escáneres intraorales fueron clínicamente aceptables, la digitalización indirecta mostró una veracidad superior. Esto sugiere que, para estudios que requieren la máxima precisión en la localización de puntos de contacto oclusales, el método de digitalización indirecta podría ser un estándar de referencia más riguroso (13)

El auge de la odontología digital simplificó la confección de infraestructuras, y permitió el uso de diferentes materiales (cerámicas, metal, cera, entre otros), confeccionando prótesis en menos tiempo y asegurando la precisión de la interfaz entre la corona y la preparación dental o entre el implante y la prótesis. Los sistemas CAD-CAM (Computer aided Design and Computer aided Manufacturing) se utilizan en rehabilitaciones extensas (prótesis híbridas, sobre dentaduras, prótesis totales y removibles), parciales (prótesis fijas sobre dientes o implantes) y prótesis unitarias, así como auxiliar en la planificación de la rehabilitación y cirugía, placas oclusales, confección de modelos, entre otros. Los sistemas CAD-CAM se pueden subdividir en: intra y extraorales (escáner de mesa), o también con relación a la disponibilidad en la manipulación del archivo digital (stl.): sistemas cerrados (escaneo y fresado de la misma empresa) y sistemas abiertos (escaneo y fresado/impresión independiente. (14)

Para brindar un tratamiento dental óptimo, es crucial que las impresiones orales sean exactas (precisión y veracidad). En la actualidad, además de las impresiones convencionales o analógicas, disponemos de las digitales. Surge entonces la interrogante de cuál de estos dos tipos de impresiones, utilizadas en forma correcta, nos permitirá lograr una mayor exactitud; habiendo determinado previamente que escáneres intraorales, materiales y métodos convencionales proveen los resultados más exactos. Uno de los aspectos más críticos dentro de la rehabilitación oral, es que la restauración no encaje en la preparación, y/o no tenga un correcto ajuste marginal. Para obtener una restauración protésica con una adaptación interna y

margen exactos, la impresión oral deberá ser exacta y precisa. La exactitud se la define como veracidad y precisión. La precisión describe el grado de reproducción entre mediciones repetidas de modelos digitales y convencionales, mientras que la veracidad va a describir la proximidad en relación con el objeto de que se mide. La veracidad va a describir la desviación geométrica de la impresión digital y convencional, comparándolas con la impresión (15). La precisión indica el grado de desviación entre las impresiones digitales y convencionales, repetidas dentro de un grupo de prueba. Se debe señalar que para el cálculo de la exactitud se debe dimensionar la precisión y la veracidad.(16,17)

Este enfoque metodológico ha sido previamente validado por Ender y Mehl (2013), quienes desarrollaron un sistema para cuantificar de forma independiente la veracidad y la precisión en impresiones de arco completo, sentando las bases para futuras comparaciones entre métodos analógicos y digitales. (11)

La precisión de la localización del contacto oclusal depende principalmente del sistema oclusal y de las distancias interoclusales utilizadas. Aunque estos métodos son clínicamente aceptables, la precisión de los métodos convencionales puede mejorarse con nuevos protocolos para los procedimientos clínicos y de interpretación, mientras que los métodos digitales podrían beneficiarse de programas de software mejorados. (16)

Por otra parte, las muestras de modelos 3D están determinadas por una amplia gama de factores dependiendo de la tecnología utilizada y de los factores relacionados, como el cabezal de impresión/ tamaño de punto láser/resolución de pantalla, orientación de construcción, materiales, características geométricas y su topología. Otros factores que afecta a la exactitud dimensional incluyen la precisión del posicionamiento, procedimientos de postratamiento, tamaño de partícula y espesor de la capa, por lo que se refiere a cada una de las tecnologías de fabricación mencionadas, se puede evaluar la precisión dimensional de un componente a través de su tamaño y forma cambiando el parámetro de impresión (17). La mayoría de los investigadores se han centrado en el número de contactos oclusales, mientras que la localización de dichos contactos suele ser más relevante

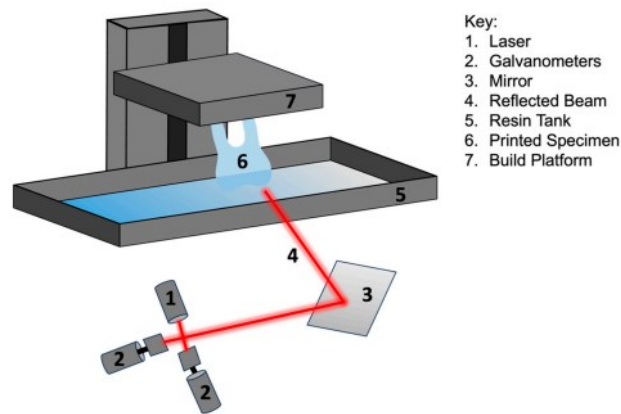
en la práctica clínica. La fiabilidad o reproducibilidad, relativas al grado en que las puntuaciones permanecen invariables a lo largo del tiempo, son clave para la exactitud de un método oclusal. La validez de criterio, definida como el grado en que la localización con un método determinado coincide con la del estándar de criterio, también es útil. Lamentablemente, los informes sobre la exactitud de los métodos para localizar los contactos oclusales a lo largo de todo el procedimiento clínico son escasos (16). Las impresiones digitales intraorales no sufren de alteraciones debido a que, en primer lugar, prescinden de materiales de impresión, evitando aquellos factores negativos propios de la manipulación del material, además ya no sería necesario el envío de la impresión al laboratorio evitando todos los cambios dimensional, es que este proceso acarrearía; por otra parte, disminuyen el riesgo de contaminación cruzada ya que no serían necesarios todos los procesos de desinfección que son obligatorios en las impresiones convencionales y finalmente disminuyen los tiempos de trabajo operatorio, permitiendo diseñar las restauraciones definitivas incluso en una sola cita, aumentando así la satisfacción del paciente; existen diferentes mecanismos sobre cómo funcionan las tecnologías de impresión 3D. La exactitud de los modelos dentales impresos en 3D no depende únicamente del escáner intraoral, sino también de la tecnología de impresión utilizada y del diseño de la base del modelo. Camardella y colaboradores (2017) evaluaron dos tecnologías de impresión prototipo y diferentes diseños de base, encontrando que la geometría de la base influye significativamente en la distorsión del modelo impreso. (18)(5)

Técnica estereolitografía

La técnica estereolitografía (SLA) utiliza procesos fotoquímicos para curar resinas líquidas capa por capa, lo que da como resultado diseños muy precisos y finamente detallados. La capacidad de curado por haz de la tecnología SLA requiere mucho tiempo, pero conduce a productos finales suaves y altamente precisos. La capacidad de la tecnología para producir diseños personalizados y específicos para cada paciente ha despertado un interés significativo dentro de la comunidad dental. Como se menciona en la tabla 1, SLA produce diseños de alta precisión y se utiliza

a menudo en odontología para coronas temporales y permanentes y prótesis parciales fijas, guías quirúrgicas y plantillas, así como modelos y modelos de diagnóstico.

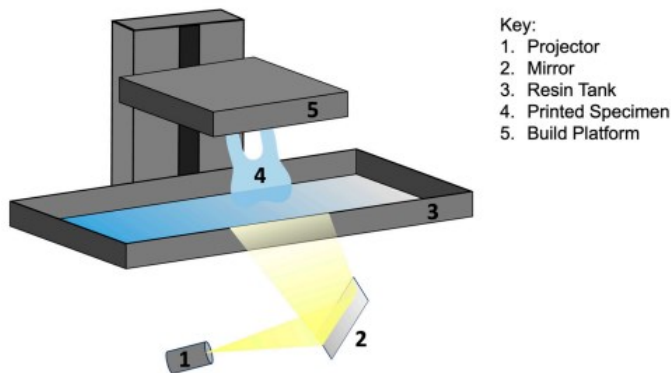
Figura 1: Método de escaneo por estereolitografía



Técnica por procesamiento de luz digital

La impresión por procesamiento de luz digital (DLP) se ha convertido en una tecnología de impresión 3D inmensamente valiosa, que resuelve los problemas de las largas duraciones de fabricación. DLP utiliza una fuente de luz para curar resinas de fotopolímera capa por capa, lo que da como resultado diseños intrincados y de alta precisión. Esta tecnología de fotopolimerización resuelve el problema de las velocidades más lentas que se observan en la impresión SLA, ya que DLP puede curar una capa completa con un solo destello de luz. Sin embargo, la gran desventaja de esta tecnología reside en el tamaño de cada vóxel. Un vóxel es esencialmente lo que es un "píxel" en resolución, excepto en una perspectiva 3D. Por lo tanto, un tamaño de vóxel más grande conduciría a resoluciones más bajas (más bloques y cuadrados), mientras que vóxeles más pequeños conducirían a resoluciones más altas (diseño más fluido). Actualmente, la impresión DLP produce restauraciones temporales y permanentes clínicamente aceptables de coronas y dentaduras postizas parciales fijas, así como dispositivos protésicos removibles.

Figura 2: método de impresión por procesamiento de luz digital (DLP)



Tipos de impresiones

Las tecnologías de fabricación aditiva han evolucionado rápidamente en odontología. Según la revisión de Revilla-León y Özcan (2019), las técnicas de procesamiento de polímeros mediante impresión 3D se clasifican principalmente en fotopolimerización (SLA, DLP, PolyJet), extrusión de material (FDM) y sinterización por láser (SLS). Cada una presenta ventajas y limitaciones específicas en términos de exactitud, acabado superficial y propiedades mecánicas, lo que determina su indicación para diferentes aplicaciones protésicas(20)

Modelado por deposición fundida (FMD)

El modelado por deposición fundida (FDM) es una modalidad de impresión útil con aplicaciones en muchas áreas de la atención sanitaria. FDM utiliza filamentos termoplásticos que se extruyen una vez calentados en un estado semisólido y depositados capa por capa. Las capas se endurecerán cuando se enfríen, pero formarán un enlace molecular con el filamento calentado a medida que se depositan sobre la capa anterior. La tecnología proporciona una excelente unión de las capas de material, pero solo funciona con materiales termoplásticos (Tabla1). Actualmente, esta tecnología se ha utilizado para producir aparatos oclusales y también en aplicaciones farmacéuticas, como sistemas de administración de fármacos de liberación controlada. Si bien el modelado por deposición fundida proporciona aplicaciones útiles en diversos entornos sanitarios, su uso en aplicaciones dentales es limitado. (21)

Sinterización selectiva por láser (SLS)

La sinterización selectiva por láser (SLS) ha demostrado ser una modalidad de impresión 3D que ahorra mucho tiempo en el ámbito de la prostodoncia. SLS utiliza un láser de alta temperatura para fusionar selectivamente materiales en polvo. Los materiales son muy variados, desde cerámicas hasta metales e incluso polímeros. Esto resulta muy útil ya que es una de las únicas modalidades que pueden producir materiales de alta densidad para aplicaciones dentales. La principal desventaja de esta tecnología es que requiere de una gran infraestructura para una correcta impresión. SLS ha demostrado usos significativos en odontología en la fabricación de estructuras de prótesis parciales removibles, lo que reduce significativamente el error humano de las técnicas tradicionales ((21)

Polyjet

La impresión por chorro de fotopolímero, comúnmente conocida como impresión 3D PolyJet, proporciona una ventaja única a la odontología, a saber, la capacidad de imprimir en múltiples colores. PolyJet utiliza cabezales de impresión de inyección de tinta para dispensar gotas de agente fusor en múltiples vóxeles de un lecho de polvo. Este proceso hará que el polvo de polímero se derrita y luego se cure mediante luces infrarrojas. La capacidad de la tecnología para crear componentes multi materiales y multicolores ofrece enormes ventajas sobre otras modalidades de impresión. Una de las principales desventajas gira en torno a la necesidad de mantenimiento de los cabezales de impresión, ya que pueden obstruirse fácilmente. Actualmente, la impresión PolyJet ha mostrado usos para la fabricación de modelos dentales y coronas temporales. Actualmente, el material no proporciona grandes propiedades mecánicas y por esa razón posee ventajas limitadas en el entorno bucal. (21)

Binder Jetting

La impresión con aglutinante en polvo, también conocida como Binder Jetting, es una modalidad útil para prótesis maxilofaciales que utilizan siliconas de grado médico y elastómeros biocompatibles. La inyección de aglutinante a menudo emplea un aglutinante a base de agua para unir selectivamente capas de polvo a base de almidón que luego se infiltra con polímeros de silicona. Luego, el material resultante se somete a un procesamiento para endurecerlo y alcanzar propiedades aceptables. La capacidad de la tecnología para producir diseños maxilofaciales del mismo color y específicos para el paciente no tiene comparación. Estos materiales suelen tener propiedades mecánicas más débiles y, como resultado, son delicados. Como se indicó anteriormente, la inyección de aglutinante en polvo proporciona una solución extremadamente temprana y revolucionaria para aplicaciones maxilofaciales específicas de cada paciente. (21)

Bio impresión laser (LAB)

La bio impresión láser tridimensional (LAB) entró en el mercado como una combinación innovadora de fabricación aditiva y biotecnología. Esta modalidad ha mostrado excelentes avances para las terapias regenerativas dentales. La impresión LAB utiliza técnicas precisas basadas en láser, que permiten la deposición capa por capa de bio tintas, incluidas células vivas y varios tipos de biomateriales. Esta innovadora tecnología desarrolló la impresión en el campo de la producción de construcciones de ingeniería tisular para la regeneración periodontal, el aumento óseo y la reconstrucción de la mucosa oral. En general, la bio impresión láser 3D es muy prometedora a la hora de remodelar el panorama de las terapias dentales, ofreciendo a los médicos herramientas innovadoras para diseñar soluciones regenerativas específicas para cada paciente para desafíos orales y maxilofaciales complejos con el potencial de mejorar el bienestar y la calidad de vida del paciente. (21)

Aplicación de las impresiones 3D en la odontología

La impresión tridimensional ha traído nuevas aplicaciones junto con el avance de los materiales dentales. Sus aplicaciones versátiles han proporcionado resultados clínicos más predecibles con precisión y exactitud en muchas especialidades dentales. (21)

Utilización de las impresiones 3D en rehabilitación oral

- **Corona y dentaduras parciales fijas (FPD)**

La impresión tridimensional siempre ha sido una tecnología de gran interés en el campo de la prótesis. Esto se ha vuelto más evidente recientemente, con tecnologías de impresión 3D, como SLA y DLP, cada vez más utilizadas para fabricar coronas provisionales o definitivas y FPD. Se preparan modelos virtuales precisos escaneando los dientes preparados y los cuerpos de escaneo de los implantes intra oralmente. Para diseñar las prótesis en estos modelos virtuales se utiliza un programa de software de diseño asistido por computadora (CAD) (3Shape Dental System 2022, 3Shape A/S, Copenhagen, Dinamarca). Luego, las prótesis diseñadas se imprimen mediante una impresora 3D. En comparación con los métodos tradicionales o la tecnología de fresado para fabricar coronas y FPD, una impresora 3D de bajo costo puede fabricar restauraciones precisas utilizando menos materiales en un tiempo de producción más corto. (21)

Dentaduras parciales completas y removibles (RPD)

Aunque ha habido mejoras significativas en el material y las técnicas de las prótesis, el proceso de fabricación de las prótesis puede ser un desafío en pacientes con reflejo nauseoso severo, resección de tumores, enfermedad de la articulación temporomandibular o deformidades orales. Con la llegada de la tecnología de escaneo intraoral y la impresión 3D, la fabricación de prótesis se ha convertido en un procedimiento fácil para el paciente con un tiempo de producción más corto. También reduce los pasos tradicionales del laboratorio, lo que puede conducir a menos errores inherentes y una mejor adaptabilidad. El proceso tradicional de encerado y revestimiento de estructuras RPD exige mucho tiempo, requiere técnicas y es engorroso. La distorsión de la cera y el yeso debido a este proceso tradicional puede provocar un mal ajuste de la estructura, lesiones mucosas inducidas por la presión y reabsorción de la cresta. Un estudio reciente in vitro demostró que las estructuras RPD fabricadas mediante impresión SLM dieron como

resultado un mejor ajuste que las técnicas tradicionales de cera perdida y fundición de metal. (21)

La aplicación de la tecnología de impresión 3D en implantología sirve para optimizar y simplificar los procedimientos quirúrgicos con mayor precisión y previsibilidad, reduciendo así los riesgos quirúrgicos y mejorando la eficiencia. Las guías quirúrgicas tradicionales suelen diseñarse basándose en radiografías panorámicas bidimensionales, lo que a menudo conduce a imprecisiones debido a la distorsión y resolución insuficiente de la imagen radiográfica. Con la introducción de tecnología digital avanzada, las guías quirúrgicas ahora se diseñan utilizando software CAD basado en tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y escaneos intraorales, y luego se imprimen con una impresora 3D. (21)

Con esta tecnología, la precisión de estas guías quirúrgicas impresas en 3D ha mejorado significativamente. Tahmaseb et al. compararon y encontraron una diferencia significativa entre la precisión de las guías quirúrgicas tradicionales y las guías quirúrgicas impresas en 3D impresas con impresoras SLA. Para las guías quirúrgicas tradicionales, las desviaciones de distancia promedio en la entrada y en el vértice fueron de 2,1 mm y 1,5 mm, respectivamente. Mientras tanto, las desviaciones de distancia promedio en la entrada y en el vértice de la guía quirúrgica impresa en 3D fueron de 0,9 y 1,0 mm, respectivamente. (21)

Implantes personalizados

La capacidad de la tecnología de impresión 3D para diseñar e imprimir geometrías complejas se ha utilizado para fabricar implantes dentales personalizados. Las impresoras tridimensionales, como SLS y SLM, tienen la capacidad de imprimir en titanio o en polímero implantable, particularmente políéter éter cetona (PEEK), para fabricar implantes dentales con porosidad y propiedades mecánicas ajustables. Sin embargo, la tecnología de impresión 3D todavía se utiliza a menudo junto con las tecnologías convencionales de prensado y fresado para fabricar implantes, porque el prensado y el fresado también tienen sus ventajas, como un post procesamiento

reducido, una producción rápida y un uso predecible de materiales uniformes y homogéneos. (21)

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la exactitud de los puntos de contacto oclusales en máxima intercuspidadación identificados en modelos digitales, en comparación con los obtenidos en modelos físicos impresos en 3D

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1. Determinar los puntos de contacto en máxima intercuspidadación en modelos digitales

5.2.2. Determinar los puntos de contacto en máxima intercuspidadación en modelos impresos en 3D

5.2.3. Comparar los puntos de contacto obtenidos en modelos digitales y modelos impresos en 3D.

6. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio experimental *in vitro* que pretendió valorar la precisión en la reproducción de la relación entre dientes y/o maxilares en estudiantes matriculados en el programa de Odontología de la Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, sede Cali matriculados en los periodos académicos 2024-2 y 2025-1.

6.2 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO

6.2.1 Cálculo del tamaño de muestra.

Se realizó cálculo de tamaño de muestra mediante el uso del software PASS 2021 (Power Analysis and Sample Size software) en la rutina de cálculos para intervalos de confianza de un coeficiente de correlación intraclase y se determinó que una muestra aleatoria de 20 sujetos; produce un intervalo de confianza bilateral del 95% con una amplitud de 10% (intervalo de confianza) cuando la correlación intraclase estimada es de 0,9 [IC95%: 0,839 - 0,938]. Los datos se han analizado mediante un modelo ANOVA de efectos mixtos de dos vías.

6.2.2 Diseño de muestreo.

Se realizó un muestreo aleatorio simple a partir del listado de estudiantes de la Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC matriculados en el periodo 2024-2 y 2025.1

6.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES

6.3.1 Variables.

Variable dependiente: Los puntos de contacto

Variables independientes: Edad, si es modelo impreso o digital

6.3.2 Cuadro operacional de las variables

Tabla 1: Definición operacional de las variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de Medición	Valores posibles	Fuente de información
Edad	Número de años cumplidos hasta el momento del examen	Cuantitativa	Numérica de razón discreta	18 a n años	Registro de campo
Número de puntos de contacto	Áreas de contacto entre los dientes antagonistas en la arcada dental cuando los dientes están en oclusión (clínicos, digital e impresos)	Cuantitativa	Numérica de razón discreta	0... n	Registro de campo
Historia de Ortodoncia	Sujeto que estuvo sometido a tratamiento de ortodoncia previo	Cualitativa	Nominal	Si o no	Registro de campo

6.1.1 Inclusión de pacientes para estudio

6.1.2 Se solicitó el listado de los estudiantes en la institución

6.1.3 Se dispuso de 20 min de tiempo de cada estudiante siendo el docente el que autorizó el permiso para realizar los escaneos intraorales

6.1.4 En el espacio asignado, se dialogó sobre el fin del proyecto y cómo se iba a llevar a cabo

6.1.5 Los estudiantes que participaron firmaron el consentimiento informado y asistieron a la toma del escaneo intraoral

6.1.6 OBTENCIÓN DE REGISTROS DIGITALES

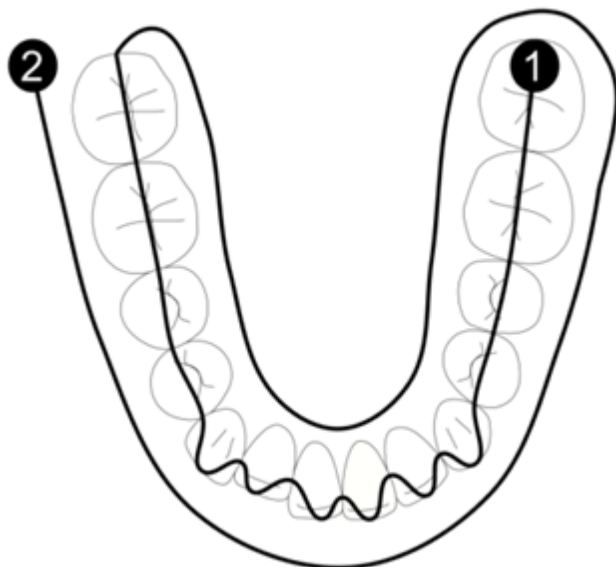
Para obtener el registro digital de modelos dentales se utilizó el escáner intraoral Shining A oral scan 3, primero se preparó al paciente asegurándose de que la cavidad oral estuviera limpia y seca.

El escáner A oral scan 3 no requiere el uso de polvo, lo que simplificó el proceso y mejoro la comodidad del paciente.

Procedimiento de escaneo intraoral y registro oclusal digital

El escaneo se realizó moviendo el escáner sobre las superficies dentales, capturando imágenes en tiempo real y en color; la exploración fue continua, inició por la superficie oclusal de los dientes posteriores inferiores izquierdos, siguiendo por los dientes anteriores con un movimiento alternativo labio-lingual y, por último, la superficie oclusal de los dientes posteriores inferiores derechos. (22)

Figura 3: Trazado de exploración con AoralScan 3 (Shining)



El software procesa estas imágenes para crear un modelo 3D detallado de la boca del paciente. Durante el escaneo, el escáner puede identificar y eliminar automáticamente datos innecesarios, como tejidos blandos, gracias a su inteligencia artificial. Una vez completado el escaneo, los datos se revisaron y ajustaron en el software antes de exportarlos en formatos como STL u OBJ para su uso en diseño y fabricación dental. (22)

En cuanto a la bioseguridad, es crucial minimizar el contacto con la computadora durante el escaneo para reducir el riesgo de contaminación cruzada. El Aoralscan 3 permite controlar el proceso de escaneo mediante movimientos del escáner, evitando la necesidad de tocar el PC. (22)

Además, las puntas del escáner son esterilizables en autoclave, lo que garantiza que cada paciente sea tratado con equipos completamente desinfectados. Es importante seguir los protocolos de desinfección y esterilización recomendados para todos los instrumentos y superficies en la clínica dental para mantener un entorno seguro tanto para los pacientes como para el personal. (Figura 2)

- El asistente de escaneo solicitó la captura de la relación oclusal en los primeros pasos del procedimiento; para ello se preparó al paciente proporcionando algunas indicaciones.
- El paciente mantuvo una postura relajada con el tronco recto.
- Se habló en tono suave y tranquilizante.
- El asistente le indicó al paciente que realizara máxima intercuspidación mientras este sostiene dos pinzas Miller para cada cuadrante de la boca
- Una vez el paciente cerró con las dos pinzas Miller en cada cuadrante, se llevó una de ellas en zona anterior para capturar contactos en esta zona
- Una vez se tomaron los puntos de contacto se tomaron fotos clínicas del maxilar superior e inferior donde se evidenciaron las zonas palatinas y linguales de incisivos superiores e inferiores.

Procedimiento de desinfección de puntas de escáner intraoral:

1. Se sumergieron las puntas del escáner en CIDEX™ OPA. Luego se limpió suavemente el cabezal de escaneo para evitar residuos de desinfectante y se asegura de que la óptica estuviera limpia.
2. Se colocó la punta de exploración seca y limpia en una bolsa de vacío para la esterilización.
3. Se realizó la esterilización a 121°C y 1,5 atmósferas durante al menos 15 minutos.
4. El proceso de esterilización debe ser completado bajo un ambiente de vacío y una gasa debe ser usada para rellenar la punta de escaneo.(22)



Figura 4: Escáner intraoral. AoralScan 3 Shining

Procedimiento de obtención de modelos

Para generar un modelo para impresión 3D desde Chitubox Dental, primero se importa el archivo 3D del software de escaneo. Una vez cargado, se ajusta la orientación del modelo para optimizar la impresión, asegurando que las superficies críticas estén bien soportadas. Luego, se procede a añadir soportes, los cuales son esenciales para mantener la estabilidad del modelo durante la impresión. (22)

Chitubox Dental ofrece opciones tanto automáticas como manuales para la colocación de soportes, permitiendo personalizar su ubicación y densidad según las necesidades específicas del modelo.(22)

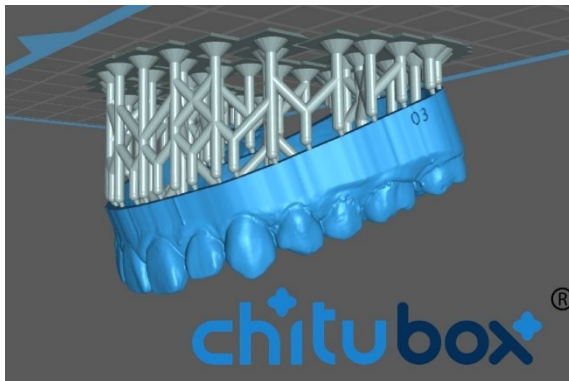
Después de configurar los soportes, se debe ajustar los parámetros de impresión, como la altura de capa, el tiempo de exposición y la velocidad de elevación. Estos parámetros varían dependiendo del tipo de resina y la impresora 3D específica.

Chitubox Dental proporciona perfiles preconfigurados para diferentes materiales y máquinas, facilitando este proceso.(22)

Una vez configurados todos los parámetros, se realiza el corte del modelo, dividiéndolo en capas que la impresora 3D puede interpretar. El software genera un archivo de corte que contiene todas las instrucciones necesarias para la impresora. Este archivo se guarda en un formato compatible y se transfiere a la impresora 3D.

Finalmente, se inicia la impresión 3D siguiendo las instrucciones del archivo generado. Es importante monitorear el proceso para asegurar que no haya fallos y que el modelo se imprima correctamente.(22)

Figura 5: Modelo dental con soportes- Interfaz de Chitubox Dental



La impresora que se utilizó en el proceso es impresora 3D Dental shining 3D AccuFab-L4D brinda un resultado de impresión de alta fidelidad y proporciona un eficiente flujo de trabajo desde el escaneo intraoral hasta la impresión 3D. (Figura 4)(22)

Figura 6: Impresora 3D Dental shining 3D AccuFab-L4D



Registro fotográfico y estándar de referencia

Para la documentación y evaluación de los puntos de contacto oclusales en el estudio “Correlación de puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D”, se empleó una cámara Canon EOS Rebel T7 para la obtención de fotografías clínicas estandarizadas. Las imágenes fueron capturadas bajo condiciones controladas de iluminación, distancia y angulación, garantizando la reproducibilidad y calidad de los registros.

Las fotografías obtenidas fueron consideradas el estándar de referencia del estudio, debido a su capacidad para proporcionar una visualización detallada y directa de los puntos de contacto oclusales. Este estándar de referencia permitió comparar y evaluar la concordancia entre los registros digitales y los modelos impresos en 3D, contribuyendo a la validación de los métodos analizados y a la confiabilidad de los resultados obtenidos.

6.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

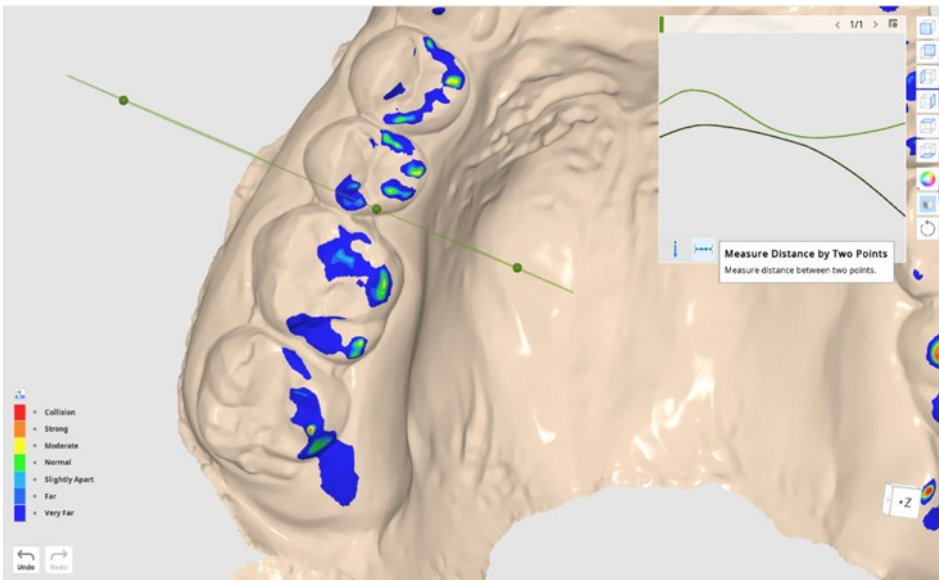
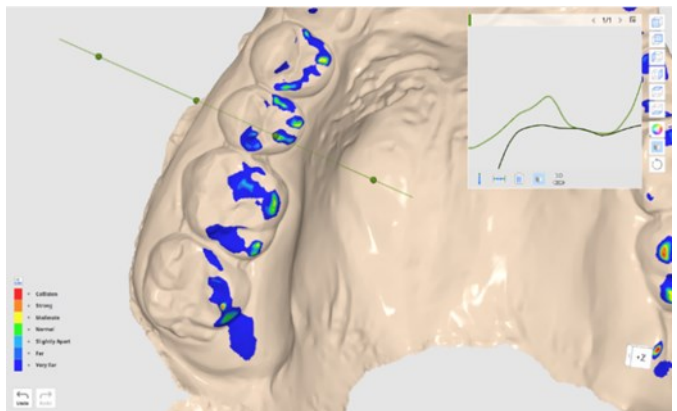
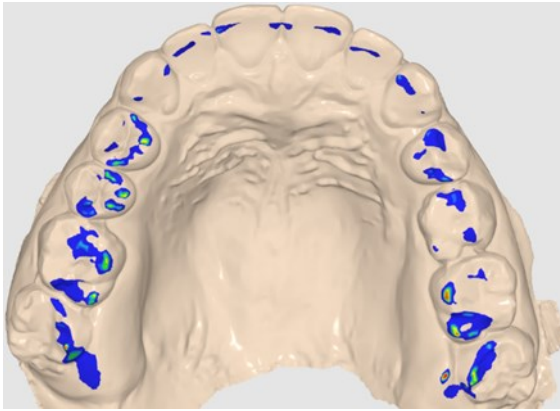
Se compararon los puntos de contacto registrados en escaneos digitales y modelos impresos para incisivos, caninos y molares del cuadrante 1 y 4 en 20 pacientes previo consentimiento informado. Para la referencia de los puntos de contacto se tuvo en cuenta el mapa de color de la aplicación MEDIT LINK donde se empezó a contar un registro de este desde el color verde (normal), donde nos refiere que ya existe un contacto real entre los dientes superiores e inferiores.

Figura 7: Tabla de verificación de cercanía por colores de dientes superiores con inferiores aplicación MEDIT LINK

«	Collision	0,100 <
«	Strong	0,050 ~ 0,100
«	Moderate	0,020 ~ 0,050
«	Normal	-0,020 ~ 0,020
«	Slightly Apart	-0,050 ~ -0,020
«	Far	-0,100 ~ -0,050
«	Very Far	-0,500 ~ -0,100

Además de tomar la guía del mapa de colores donde se indica que desde el color verde existe un contacto real, también se apoya con una ayuda del software la cual permite realizar cortes transversales en cada zona que marca un color donde se supone que hay un contacto, al pasar el corte en las zonas donde marca el color azul claro “ligeramente apartado” esta ayuda permite corroborar con el corte transversal relacionando diente superior e inferior que realmente no hay un contacto y que verdaderamente empieza un contacto real con el color verde.

Figura 12: Cortes *transversales* en modelos



6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar la concordancia entre los tres métodos de registro de puntos de contacto: STL o software de escaneo (S), modelo de impresión 3D (M) y fotografía clínica paciente (P) como gold estándar, se realizó la recolección de la información en una base de datos en Excel, se exportó a el programa estadístico SPSS. Se utilizó el coeficiente de kappa de Cohen. Los valores de kappa se interpretaron según la escala de Landis y Koch: <0,00 (concordancia pobre), 0,00-0,20 (ligera), 0,21-0,40 (aceptable), 0,41-0,60 (moderada), 0,61-0,80 (sustancial) y 0,81-1,00 (casi perfecta). Se consideró significancia estadística un valor de $p < 0,05$.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Según lo estipulado en la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, en su artículo 11, este proyecto se clasifica en “**Riesgo mínimo**”, ya que involucra el examen clínico de rutina que involucra el escaneo de la cavidad oral con un dispositivo tipo cámara. La información recopilada de cada individuo se mantendrá en absoluta confidencialidad, en conformidad con el artículo 8 (Título II, capítulo 1), y solo se utilizará con propósitos científicos.

Se emplearán códigos en lugar de nombres propios, asegurando así la confidencialidad y privacidad de los participantes.

La investigación también se sitúa dentro del marco de la Ley 1266 de 2008 y la Ley 2157 de 2021. Se velará por la protección de los datos personales de los participantes, habiendo obtenido previamente el permiso para utilizar la información proveniente de la historia clínica mediante la firma del consentimiento de uso información que reposa en las historias clínicas.

Siguiendo las disposiciones de la Ley Estatutaria 1581 de 2012, "Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales", se utilizarán los registros clínicos exclusivamente para los fines de esta investigación. Se garantizará la seguridad de la información, y los formatos serán almacenados únicamente por los investigadores en una computadora personal, a la cual solo el equipo de investigación tendrá acceso.

Los riesgos o incomodidades a las que estaría sujeto el participante son: dolor muscular a causa de la apertura de la cavidad oral durante periodos extensos de tiempo; para ello el protocolo de escaneo tarda no más de 10 minutos entrecortados por descansos de un minuto por arcada y registro de relación oclusal. El procedimiento se realiza en unidad de diagnóstico bajo protocolos de bioseguridad propios de la atención odontológica; Operador con barreras de protección (guantes, bata, tapabocas, gorro). Punta de escaneo estéril entre paciente y paciente.

7.1 RESULTADOS

7.1.1 Incisivos Inferiores

En los incisivos inferiores, la comparación entre el software y el modelo impreso (S vs M) mostró una concordancia sustancial para la variable C_inci_inf_ID ($k = 0,643$, $p = 0,002$), indicando una buena correspondencia entre ambos métodos digitales. Sin embargo, al comparar el software con la fotografía clínica (S vs P) y el modelo con la fotografía (M vs P), los valores de kappa fueron negativos o cercanos a cero ($k = -0,167$ y $-0,091$ respectivamente), lo que sugiere una concordancia casi nula entre los métodos digitales y el gold estándar en esta misma variable. (ver tabla 2)

Tabla 1: concordancia sustancial variable

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Incisivos Inferiores	C_inci_inf_ID	S vs M	0.643	0.002	Sustancial

7.1.2 Incisivos Superiores

Para los incisivos superiores, la variable C_inci_sup_PMD presentó concordancia moderada a sustancial en todas las comparaciones: S vs M ($k = 0,608$, $p = 0,007$), S vs P ($k = 0,459$, $p = 0,015$) y M vs P ($k = 0,459$, $p = 0,015$), demostrando una consistencia aceptable entre los tres métodos para este punto de contacto específico. Así mismo, la variable C_inci_sup_PCM mostró una concordancia casi perfecta entre el software y la fotografía ($k = 1,000$, $p < 0,001$), aunque las comparaciones con el modelo impreso no fueron concluyentes por falta de datos.

Tabla 2: concordancia variable

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Incisivos Superiores	C_inci_sup_PMD	S vs M	0.608	0.007	Sustancial
	C_inci_sup_PMD	S vs P	0.459	0.015	Moderada
	C_inci_sup_PMD	M vs P	0.459	0.015	Moderada
	C_inci_sup_PCM	S vs P	1.000	<0.001	Casi perfecta

7.1.3 Caninos Inferiores

En caninos inferiores, se observó una concordancia sustancial entre software y modelo impreso en C_Can_inf_IM ($k = 0,733$, $p = 0,001$), mientras que la comparación S vs P alcanzó una concordancia moderada en C_Can_inf_IMD ($k = 0,600$, $p = 0,007$). La variable C_Can_inf_ID evidenció una concordancia moderada entre modelo impreso y fotografía clínica ($k = 0,467$, $p = 0,037$).

Tabla 3: concordancia variable

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓ N	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Caninos inferiores	C_Can_inf_ID	M vs P	0.467	0.037	Moderada
	C_Can_inf_IM	S vs M	0.733	0.007	Sustancial
	C_Can_inf_IMD	S vs P	0.600	0.007	Moderada

7.1.4 Caninos Superiores

En caninos superiores, la variable C_Can_Sup_PD presentó concordancia moderada a sustancial en todas las comparaciones: S vs M ($k = 0,634$, $p = 0,002$), S vs P ($k = 0,634$, $p = 0,002$) y M vs P ($k = 0,560$, $p = 0,012$). De manera similar, C_Can_Sup_PM mostró concordancia moderada entre S vs M ($k = 0,510$, $p = 0,017$) y S vs P ($k = 0,479$, $p = 0,024$), aunque la comparación M vs P no alcanzó significancia.

Tabla 4: concordancias variables

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓ N	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Caninos superiores	C_Can_inf_IMD	S vs M	0.634	0.002	Sustancial
	C_Can_sup_PD	S vs P	0.634	0.002	Sustancial
	C_Can_sup_PD	M vs P	0.560	0.012	Moderada
	C_Can_sup_PM	S vs M	0.510	0.017	Moderada
	C_Can_sup_PM	S vs P	0.479	0.024	Moderada
	C_Can_sup_PMD	S vs M	0.459	0.015	Moderada

7.1.5 Molares Inferiores

En el sector molar inferior, se identificaron múltiples variables con concordancia significativa. Destaca C_Mol_Inf_OMDM con una concordancia sustancial entre S vs M ($k = 0,692$, $p = 0,001$). Así mismo, C_Mol_Inf_OVM mostró concordancia aceptable a moderada en S vs M ($k = 0,549$, $p = 0,015$) y S vs P ($k = 0,348$, $p = 0,040$). Por otro lado, C_Mol_Inf_OLM evidenció una concordancia sustancial entre M vs P ($k = 0,643$, $p = 0,002$), sugiriendo que el modelo impreso se aproxima mejor al gold estándar en este punto específico en comparación con el software.

Tabla 5: concordancia variables

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓ N	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Molares inferiores	C_Mol_inf_OVD	S vs P	0.412	0.023	Moderada
	C_Mol_inf_OVM	S vs M	0.459	0.015	Moderada
	C_Mol_inf_OVM	S vs P	0.348	0.040	Aceptable
	C_Mol_inf_OMDM	S vs M	0.692	0.001	Sustancial
	C_Mol_inf_OLM	M vs P	0.643	0.002	Sustancial

7.1.6 Molares Superiores

En molares superiores, la variable C_Mol_Sup_OPM alcanzó una concordancia sustancial entre S vs M ($k = 0,615$, $p = 0,003$), mientras que C_Mol_Sup_OMDM presentó concordancia moderada entre S vs M ($k = 0,444$, $p = 0,047$). Así mismo, C_Mol_Sup_OVMD evidenció concordancia moderada entre M vs P ($k = 0,459$, $p = 0,015$), indicando que para este punto específico el modelo impreso muestra mejor correlación con el gold estándar.

Tabla 6: concordancia variables

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Molares superiores	C_Mol_sup_OVMD	M vs P	0.459	0.015	Moderada
	C_Mol_sup_OMDM	S vs M	0.444	0.047	Moderada
	C_Mol_sup_OPM	S vs M	0.615	0.003	Sustancial

Del total de comparaciones analizadas, se observó una tendencia hacia una mayor concordancia entre el software y el modelo impreso (S vs M) en múltiples variables, particularmente en puntos de contacto localizados en regiones de fácil acceso para el escaneo digital. Sin embargo, la concordancia entre ambos métodos digitales y la fotografía clínica (Gold estándar) fue variable, con valores que oscilaron entre la concordancia pobre y sustancial según la localización anatómica. Las variables que presentaron valores kappa negativos o cercanos a cero sin significancia estadística sugieren una falta de concordancia clínica aceptable entre los métodos evaluados en dichos puntos de contacto.

8. DISCUSIÓN

El presente estudio representa un esfuerzo investigativo significativo al sentar las bases para la evaluación de la correlación de puntos de contacto entre modelos digitales y sus correspondientes impresiones en 3D, un área de conocimiento aún en desarrollo y que, en el contexto institucional, constituye un referente inicial para futuras comparaciones. La relevancia de este trabajo trasciende su carácter pionero, ya que los hallazgos generan evidencia empírica crucial que permitirá, en adelante, afinar metodologías y robustecer los procesos académicos y técnicos asociados a la odontología digital. La correcta identificación de los puntos de contacto en máxima intercuspidad es un pilar en la rehabilitación oral, y la transición hacia flujos de trabajo completamente digitales exige una comprensión profunda de la precisión y las limitaciones tanto de los escáneres intraorales como de las tecnologías de impresión 3D, aspectos centrales que este estudio aborda

La importancia de los puntos de contacto en la rehabilitación oral ha llevado a evaluar y transformar los métodos de registros mediante los modelos digitales y posteriormente la reproducción de estos en los modelos de impresión en 3D, los cuales deben analizarse para detectar la precisión y exactitud tanto de los escáneres intraorales y de las tecnologías para las impresiones donde se han demostrado resultados clínicos aceptables en la mayoría de los casos.

Estos hallazgos en impresiones son particularmente relevantes para la presente investigación, ya que la impresión de los modelos en 3D podría introducir deformaciones que afecten la localización y el número de puntos de contacto oclusales en máxima intercuspidad, independientemente de la exactitud del registro digital (19). inicialmente dependiendo de su mecanismo de impresión 3D, el producto tiene características únicas que se adaptan al uso resume las ventajas y desventajas de varias tecnologías de impresión 3D. (5)

Determinación de los puntos de contacto en máxima intercuspidación en modelos digitales

Los modelos digitales obtenidos mediante el escáner intraoral Aoralscan 3 demostraron, en términos generales, una buena capacidad para reproducir la morfología oclusal, especialmente en el sector anterior. Los resultados mostraron una concordancia sustancial entre el software y el modelo impreso (S vs. M) para la variable C_inci_inf_ID ($k = 0,643$) y C_inci_sup_PMD ($k = 0,608$), lo que sugiere que el escaneo digital captura de manera confiable los contactos en incisivos. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Ender y Mehl (2013), quienes demostraron que los sistemas intraorales actuales presentan niveles de exactitud clínicamente aceptables, particularmente en zonas de fácil acceso como el frente de la arcada (23).

Sin embargo, al observar los resultados en los molares, específicamente en la variable C_Mol_inf_OMDM, la concordancia entre el software y el modelo impreso fue también sustancial ($k = 0,692$). No obstante, al comparar el software directamente con la fotografía clínica (S vs. P) en variables como C_Mol_inf_OVM, la concordancia descendió a un nivel solo "aceptable" ($k = 0,348$). Esta discrepancia sugiere que, aunque el software es consistente consigo mismo (y con el modelo impreso), puede estar perdiendo fidelidad con la realidad clínica en zonas posteriores. La literatura explica esto a través del concepto de *error acumulativo*. Autores como GÜth y colaboradores (2017) señalaron que, durante el escaneo de arcos completos, el algoritmo de alineación del software puede ir acumulando pequeñas desviaciones a medida que "pega" las imágenes, siendo los molares los más afectados por ser el punto final del recorrido de escaneo (24). Además, la necesidad de retraer tejidos blandos y la posible presencia de humedad o reflejos en la superficie dental pudieron haber afectado la captura en esta zona, tal como lo advierten las instrucciones del propio fabricante del Aoralscan (25).

Este hallazgo del "error acumulativo" coincide con el reporte de Alkadi (2023), quien en su estudio indica que la exactitud de los escaneos intraorales disminuye

considerablemente en zonas posteriores del arco dental, con errores que en ocasiones exceden las 100µm. ahora bien, la revisión también menciona que los arcos completos son más susceptibles a desviaciones más altas comparados con arcos parciales, esto es la consecuencia de la sobreposición de múltiples imágenes mediante algoritmos de “stitching”, lo que introduce dichos “errores acumulativos” (24).

Determinación de los puntos de contacto en máxima intercuspidación en modelos impresos en 3D

Los modelos impresos en 3D mostraron un comportamiento interesante. Por un lado, su concordancia con el software digital (S vs. M) fue, en la mayoría de las variables, moderada a sustancial (por ejemplo, para C_Can_inf_IM $k = 0,733$ y para C_Mol_sup_OPM $k = 0,615$). Esto indica que el proceso de impresión fue fiel al archivo digital de origen. Sin embargo, al comparar el modelo impreso directamente con la fotografía clínica (M vs. P), observamos resultados variables. En C_Mol_inf_OLM la concordancia fue sustancial ($k = 0,643$), pero en otras como C_inci_inf_ID fue prácticamente nula (k negativo)

Esta variabilidad obliga a analizar críticamente el proceso de fabricación aditiva. La impresión 3D no es una copia exacta, y factores como la resolución de impresión, el grosor de capa y la orientación de la pieza en la bandeja de impresión influyen en el resultado final (23) . En el flujo de trabajo con la impresora AccuFab-L4D, es probable que se utilizaran grosores de capa estándar (entre 50 y 100 µm). Si bien esto es clínicamente aceptable para la mayoría de las aplicaciones, en el contexto de la medición de contactos oclusales (donde la sensibilidad táctil puede ser de hasta 8-10 µm), esta resolución podría ser insuficiente para capturar contactos muy finos o, por el contrario, podría generar ligeras "interferencias" por la forma escalonada de las capas.

En cuanto a la orientación de la bandeja, Alghauli et al. (2024) tras el análisis de 14 estudios, concluyeron que la orientación de la bandeja en el momento de impresión de los modelos afecta directamente en la exactitud y fidelidad de la impresión. Los autores mencionan específicamente que una orientación horizontal de la bandeja (0°) o ligeramente angulada (más o menos 20°), produce los modelos más exactos. Esto se debe a que en una posición vertical de la bandeja, se necesitan un mayor número de capas que los objetos impresos con una orientación horizontal, además hay una alta posibilidad que entre capa y capa impresa consecutivamente se pueden desarrollar defectos, por lógica se concluye que el número de defectos en una impresión con orientación vertical de los modelos tendrá un mayor número de defectos debido a su cantidad de capas, lo que deriva en una mayor inexactitud o poca fidelidad del modelo.(23)

Ahora bien, el grosor de capa es un punto muy importante e influye directamente en la exactitud de los modelos impresos, autores como Alghauli indican que esto depende de con qué fin se necesitó el modelo (fines ortodónticos, diagnostico, fines restaurativos) y que no existe un valor específico. Esto depende de la técnica de impresión utilizada (DLP vs SLA). Los autores recomiendan que un grosor de 25 a 50 μm es el ideal para poder reproducir detalles finos, aunque esto signifique aumentar el tiempo de impresión. (23)

Otro factor crítico es la contracción del material durante la polimerización. Las resinas de fotopolímero sufren un cambio dimensional al curarse. Revilla-León y Özcan (2019) documentan que, dependiendo de la química de la resina y del tiempo de post-curado, pueden producirse contracciones que distorsionen la anatomía, afectando la relación cuspídea y, por tanto, la cantidad o intensidad de los puntos de contacto. Esto podría explicar por qué en algunos casos el modelo impreso registró más contactos que el escaneo (como se evidenció en la prueba piloto con molares), ya que una mínima contracción diferencial entre ambos maxilares podría acercar más las superficies, creando contactos "fantasma". Camardella y colaboradores (2017) ya advirtieron que la geometría de la base y los soportes influye significativamente en la distorsión final del modelo (23). En nuestro caso, el

uso de Chitubox Dental para la generación de soportes (Figura 6) pudo haber introducido tensiones que, al liberarse tras el post-curado, alteraron la posición de algún diente en particular

Comparación entre modelos digitales e impresos frente al gold estándar (fotografía clínica)

El núcleo de nuestra investigación radica en esta comparación. Los resultados de Kappa nos muestran un panorama matizado. La concordancia entre los dos métodos digitales (S vs. M) fue, en general, buena, lo que era esperable ya que el segundo es una réplica física del primero. Sin embargo, la concordancia de estos con la fotografía clínica (S vs. P y M vs. P) fue el verdadero indicador de su exactitud.

Encontramos que la concordancia fue mejor para los incisivos superiores (C_inci_sup_PMD con $k = 0,459$ en ambas comparaciones) y para los caninos (C_Can_Sup_PD con $k = 0,634$ para S vs. P). Esto sugiere que, en zonas donde la guía anterior es protagonista y el acceso es directo, el flujo digital es bastante confiable. Sin embargo, la concordancia fue pobre o nula para los incisivos inferiores y variable para molares (23).

¿A qué se debe esta diferencia? Se cree que la explicación es multifactorial. En primer lugar, el *gold estándar* (la foto clínica con papel de articular) captura un momento funcional dinámico: el paciente ejerce una fuerza de mordida, y el papel de articular marca el contacto real bajo esa presión. Por el contrario, los métodos digitales son estáticos: miden distancias entre superficies en un modelo virtual o impreso, sin simular la carga masticatoria (26). Es posible que, debido a la compresibilidad de los tejidos (periodonto y mucosa) o a una ligera diferencia en la fuerza de cierre, contactos que existen en la foto clínica no sean detectados por el software porque las superficies están separadas por unas pocas micras, o viceversa

(26). Esta discrepancia entre la medición espacial y el registro funcional ha sido señalada por otros autores como una limitación inherente de los flujos digitales.

Durante la obtención de los escaneos intraorales, hubo casos donde fue necesario re-escaneo de ciertas zonas posteriores, en especial caras interproximales distales de molares tantos superiores como inferiores. Según alkadi en su revisión destaca que si bien el proceso de re-escaneo o recorte y re-escaneo es necesario para la obtención precisa en escaneos de arcos completos, la autora menciona que este proceso puede alterar significativamente la precisión general del escaneo, teniendo en cuenta factores como el número y el diámetro de las áreas re escaneadas factores fundamentales en esta pérdida de exactitud. (24)

En segundo lugar, el error humano en la interpretación no puede descartarse. Aunque se utilizó el mapa de colores de Medit Link y los cortes transversales para estandarizar (Figuras 11 y 12), definir el umbral de contacto sigue teniendo un componente subjetivo. La transición entre el color azul ("separado") y el verde ("contacto") puede ser gradual, y decisiones mínimas del observador pudieron haber influido en los valores de Kappa, especialmente en las zonas donde se obtuvieron concordancias solo "moderadas" (k entre 0.41 y 0.60).

Finalmente, factores relacionados con el paciente, como la historia de ortodoncia (muchos de los sujetos de estudio la tenían) o una oclusión no estable, pudieron haber influido en la reproducibilidad del cierre en máxima intercuspidad. Un paciente puede cerrar de manera ligeramente diferente en el sillón durante el escaneo que en la consulta cuando se toma la fotografía clínica, introduciendo una variabilidad que ningún modelo digital puede controlar.

9. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la correlación de los puntos de contacto en modelos impresos y archivos STL, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda el uso de diferentes materiales de impresión siempre y cuando se utilice el mismo en el estudio con el propósito de determinar si estos factores influyen en la precisión y reproducción de los puntos de contacto.
2. Se sugiere estandarizar los protocolos del escaneo en los pacientes, el diseño digital bajo las mismas medidas y/o distancias del modelo y el articulado para reducir posibles variaciones metodológicas que puedan afectar la comparación entre los modelos físicos y los archivos digitales.

10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, y respondiendo a la pregunta planteada sobre la exactitud de los puntos de contacto oclusales en máxima intercuspidad entre modelos digitales e impresos en 3D, se concluye lo siguiente.

En primer lugar, los modelos digitales obtenidos con el escáner intraoral Aoralscan 3 permitieron una determinación confiable de los puntos de contacto en las zonas anteriores, especialmente en incisivos superiores y caninos, donde la concordancia con el gold estándar alcanzó niveles moderados a sustanciales. Sin embargo, en la región de molares, la exactitud del escáner fue menor, lo que sugiere que factores como el error acumulativo durante el alineamiento de imágenes y la dificultad de acceso influyen negativamente en la captura de estas zonas.

En segundo lugar, los modelos impresos en 3D demostraron una buena fidelidad al archivo digital original, con concordancias sustanciales en la mayoría de las variables al compararlos con el software. No obstante, al contrastarlos con la fotografía clínica, su desempeño fue más variable, evidenciando que el proceso de impresión introduce sus propias fuentes de error, como la resolución de capa, la contracción del material durante la polimerización y posibles distorsiones relacionadas con el diseño de los soportes y la orientación de la pieza.

En tercer lugar, al comparar ambos métodos entre sí y frente al gold estándar, se observó que la concordancia entre el software y el modelo impreso fue consistentemente buena, lo que era esperable dado que el segundo deriva del primero. Sin embargo, la concordancia de ambos con la fotografía clínica fue solo moderada en el mejor de los casos, y en algunas variables fue pobre o nula. Esto indica que, aunque el flujo digital es internamente consistente, aún existe una brecha entre lo que los modelos digitales o impresos registran como "contacto" y lo que realmente ocurre en la boca del paciente durante la función.

Finalmente, se concluye que los métodos digitales evaluados son herramientas clínicamente útiles y aceptables para el análisis oclusal en la mayoría de los escenarios de rehabilitación oral, especialmente en el sector anterior. Sin embargo, no son perfectos ni intercambiables con la evaluación clínica directa. La exactitud

de los puntos de contacto se ve afectada por múltiples factores técnicos (resolución de escaneo e impresión, contracción del material) y biológicos (variabilidad en la fuerza de cierre, experiencia del paciente). Por lo tanto, se recomienda al clínico utilizar estos métodos como un complemento valioso, pero no como un sustituto absoluto de la verificación clínica, particularmente en tratamientos que requieran una precisión oclusal extrema o en sectores posteriores de difícil acceso.

I. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez Sánchez AS. Estudio comparativo de un sistema de impresión convencional y el sistema di...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG): Digital Repository [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://eds-p-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=2&sid=ff059a7d-feaa-4784-a263-593635860a0e%40redis&bdata=JmxhbmMc9ZXMmc2l0ZT1lZHMt bGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#db=edsbas&AN=edsbas.9341EDBA>
2. Fraile Benítez C, Pradíes Ramiro GJ, Ferreiroa Navarro A, Solaberrieta Méndez E. Fiabilidad de los registros oclusales intermaxilares obtenidos mediante sistemas digitales: estudio clínico transversal [Internet]. 2020 [cited 2025 May 10]. Available from: <https://openurl-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsoai:edsoai.on1468954120?sid=ebshost:plink:crawler&id=ebshost:edsoai:edsoai.on1468954120&crl=c>
3. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016 Mar 1;115(3):313–20. doi:10.1016/J.PROSDENT.2015.09.011 PubMed PMID: 26548890.
4. García de Lara Fernández A. idUS - Toma de impresión sobre implantes: Precisión de las técnicas convencionales frente a digitales [Internet]. [SEVILLA]: Universidad de Sevilla; 2021 [cited 2024 Mar 18]. Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/134290>

5. Carrillo Vaca DG, Astudillo Ortiz JL. Precisión de las impresiones digitales intraorales: una revisión de literatura. *Odontología*, Vol 23, N° 2, 2021 (Ejemplar dedicado a: Julio - Diciembre) [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 23]. Available from: <https://openurl-ebsco-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsdia:edsdia.ART0001513853?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:edsdia:edsdia.ART0001513853&crl=c>
6. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. *PLoS One*. 2017 Jun 1;12(6). doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0179188 PubMed PMID: 28636642.
7. Tomita Y, Uechi J, Konno M, Sasamoto S, Iijima M, Mizoguchi I. Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning. *Dent Mater J*. 2018;37(4):628–33. doi:10.4012/DMJ.2017-208 PubMed PMID: 29669951.
8. Hurtado Morales MA, Cortellezzi SSS, Juan Emilio Jiménez García, Jaime Trapote Mateo S. article in journal/newspaper [Internet]. 2019 [cited 2024 Mar 15]. Precisión y fidelidad de los escáneres intraorales en rehabilitaciones full...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia). Available from: <https://eds-p-ebscohost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=1&sid=7b79f9cd-8e30-4fdf-99ca-14482c5378ec%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZS5y29wZT1zaXRl#AN=edsbas.2CD1B08F&db=edsbas>
9. Christine K, Christine K. Accuracy of full arch digital impressions: an in-vitro and in-vivo comparison [Internet]. Align Technology;

2025 [cited 2025 May 10]. Available from: <https://openurl-ebsco-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsict:edsict.DRKS00015459?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:edsict:edsict.DRKS00015459&crl=c>

10. Hurtado Morales MA, Cortellezzi S, Santiago Saracho JE, Jiménez García J, Trapote Mateo S. Precisión y fidelidad de los escáneres intraorales en rehabilitaciones full arch con implantes dentales [Internet]. 2019 [cited 2026 Apr 6]. Available from: <https://openurl-ebsco-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsbas:edsbas.2CD1B08F?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:edsbas:edsbas.2CD1B08F&crl=c>
11. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia) [Internet]. [cited 2024 May 5]. Available from: <https://eds-p-ebscohost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=1&sid=e7b31bc2-0207-467c-9eaa-4c9a6e6a48ec%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#db=cat09082a&AN=ucoc.7218>
12. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. BMC Oral Health 2019 19:1. 2019 Jun 6;19(1):101-. doi:10.1186/S12903-019-0792-7 PubMed PMID: 31170969.
13. Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C. Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect

- digitalization. Clin Oral Investig. 2017 Jun 1;21(5):1445–55. doi:10.1007/S00784-016-1902-4 PubMed PMID: 27406138.
14. Piza Pellizzer E, De Luna Gomes JM. La odontología digital en rehabilitación oral. Odontología Sanmarquina. 2021 Mar 31;24(2):3–4. doi:10.15381/OS.V24I2.19882
 15. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-Arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. Journal of Prosthetic Dentistry. 2013 Feb 1;109(2):121–8. doi:10.1016/S0022-3913(13)60028-1 PubMed PMID: 23395338.
 16. Grau Sacoto MA. Evaluación de exactitud de los métodos convencionales y digitales para obte...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia) [Internet]. 2021 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://eds-p-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=3&sid=ff059a7d-feaa-4784-a263-593635860a0e%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZS5yZ29wZT1zaXRI#AN=edsbas.7F6B161C&db=edsbas>
 17. Seo K, Kim S. A New Method to Evaluate Trueness and Precision of Digital and Conventional Impression Techniques for Complete Dental Arch. Applied Sciences 2021, Vol 11,. 2021 May 17;11(10). doi:10.3390/APP11104612
 18. Nulty A. A comparison of trueness and precision of 12 3D printers used in dentistry. BDJ Open. 2022 Dec 1;8(1). doi:10.1038/S41405-022-00108-6
 19. Camardella LT, de Vasconcellos Vilella O, Breuning H. Accuracy of printed dental models made with 2 prototype technologies and different designs of model bases. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2017 Jun

1;151(6):1178–87. doi:10.1016/j.ajodo.2017.03.012 PubMed
PMID: 28554463.

20. Additive Manufacturing Technologies Used for Processing Polymers: Current Status and Potential Application in Prosthetic Dentistry - Revilla-León - 2019 - Journal of Prosthodontics - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2026 Apr 11]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.12801?msocid=06ca1f2fbf9860340c0e0b32be37618d>
21. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. Dent J (Basel). 2024 Jan 1;12(1). doi:10.3390/DJ12010001
22. Gavounelis NA, Gogola CMC, Halazonetis DJ. The Effect of Scanning Strategy on Intraoral Scanner's Accuracy. Dent J (Basel). 2022 Jul 1;10(7):N.PAG-N.PAG. doi:10.3390/DJ10070123
23. Alghauli MA, Almuzaini SA, Aljohani R, Alqutaibi AY. Impact of 3D printing orientation on accuracy, properties, cost, and time efficiency of additively manufactured dental models: a systematic review. BMC Oral Health. 2024 Dec 1;24(1). doi:10.1186/S12903-024-05365-5 PubMed PMID: 39725946.
24. Alkadi L. A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. Diagnostics (2075-4418). 2023 Nov 1;13(21):3291. doi:10.3390/DIAGNOSTICS13213291
25. Agustín-Panadero R, Moreno DM, Pérez-Barquero JA, Fernández-Estevan L, Gómez-Polo M, Revilla-León M. Influence of type of restorative materials and surface wetness conditions on intraoral scanning accuracy. J Dent. 2023 Jul 1;134. doi:10.1016/J.JDENT.2023.104521 PubMed PMID: 37061118.

26. Manziuc MM, Savu MM, Almășan O, Leucuța DC, Tăut M, Ifrim C, et al. Insights into Occlusal Analysis: Articulating Paper versus Digital Devices. Journal of Clinical Medicine 2024, Vol 13,. 2024 Jul 31;13(15). doi:10.3390/JCM13154506

ANEXOS

PROTOCOLO PARA PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN (CORRELACIÓN DE PUNTOS DE CONTACTO EN REGISTROS OCLUSALES DIGITALES E IMPRESOS EN 3D)

Presentación:

Por:

Diosa Martinez Sharon Alexandra

Olaya Villaquiran Juan Sebastian

Somos residentes de tercer semestre de Rehabilitación Oral de la Institución Universitaria Colegios de Colombia quienes realizaremos una investigación para nuestra tesis de grado que lleva por nombre “Correlación de puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D”. Es por ello que para poder cumplir el objetivo de esta investigación se propuso un total de 20 estudiantes de la Institución Universitaria Colegios de Colombia sede Cali, con ciertas características clínicas y bajo un consentimiento informado para realizar un escaneo intraoral y registro oclusal digital.

1. Información General

Este protocolo tiene como objetivo estandarizar la forma para incluir y/o invitar a los participantes a la investigación, al mismo tiempo que se explica el proceso de escaneo oral utilizado en esta investigación, se describe en detalle los procedimientos a seguir, los derechos de los participantes y las medidas para proteger su bienestar.

2. Objetivo de la Investigación

El propósito de esta investigación es evaluar la exactitud de los registros oclusales en modelos de estudio obtenidos por la técnica convencional vs con registros oclusales obtenidos por modelos virtuales a partir de un escaneo intraoral.

Los escaneos orales se utilizarán para valorar la precisión en la reproducción de la relación entre dientes y/o maxilares en estudiantes matriculados en el programa de Odontología de la Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, sede Cali matriculados en los periodos académicos 2024-2 y 2025-1.

3. Descripción del Procedimiento

- Los participantes se someterán a un escaneo oral utilizando el escáner Shining 3D Aoralscan 3.
- El procedimiento se llevará a cabo en una clínica que cumple los estándares y herramientas necesarias para el confort y seguridad del paciente y se realizará bajo el personal capacitado.
- El escaneo no implica dolor y no es invasivo.
- La duración del procedimiento será de aproximadamente 10-15 minutos

4. Riesgos y Beneficios

- **Riesgos:** El escaneo es generalmente seguro, pero puede haber algunos riesgos asociados como incomodidad al cabezal del escáner. Se tomarán medidas para mitigar estos riesgos como no someterlos a tiempos prolongados.
- **Beneficios:** La participación en este estudio puede no ofrecer un beneficio directo para el participante, pero los resultados de la investigación podrían contribuir al avance del conocimiento en evaluar la exactitud de los registros oclusales en modelos de estudio en técnica convencional vs virtuales a partir de un escaneo intraoral.

5. Confidencialidad

Toda la información obtenida durante los escaneos orales será confidencial. Los datos se manejaron de acuerdo con las normativas de protección de datos aplicables. Los resultados serán codificados para que no se pueda identificar al participante de forma individual.

6. Consentimiento Informado

Antes de proceder con el escaneo oral, se solicitará a cada participante que firme un consentimiento informado, que indica que han comprendido los objetivos, los

procedimientos, los posibles riesgos y sus derechos, incluyendo su derecho a retirar su participación en cualquier momento sin consecuencias.

7. Derechos de los Participantes

- Los participantes tienen el derecho a retirarse de la investigación en cualquier momento sin que esto afecte su relación con el investigador ni tenga repercusiones.
- Los participantes pueden hacer preguntas sobre el estudio en cualquier momento y recibirán respuestas claras y comprensibles.
- Si en cualquier momento sienten incomodidad o desean detener el procedimiento, se les dará la opción de suspender el escaneo.

8. Contacto para Más Información

Si los participantes tienen alguna pregunta adicional, pueden ponerse en contacto con:

Dra. Sharon Alexandra Diosa Martínez

Correo: sdiosam@unicoc.edu.co

Dr. Juan Sebastián Olaya Villaquirán

Correo: jolayav@unicoc.edu.co

Dr. Luis Felipe Márquez García

Correo: lfmarquez@unicoc.edu.co

9. Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a los participantes por su tiempo y disposición para colaborar en este proyecto de investigación.

CUESTIONARIO DE FILTRO

(Basado en criterios clínicos y esquemas de Okeson)

Datos del Paciente:

- Nombre: _____
- Edad: _____
- Teléfono: _____
- Correo: _____
- Semestre (si es estudiante): _____

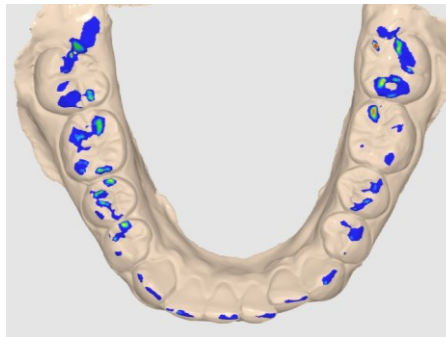
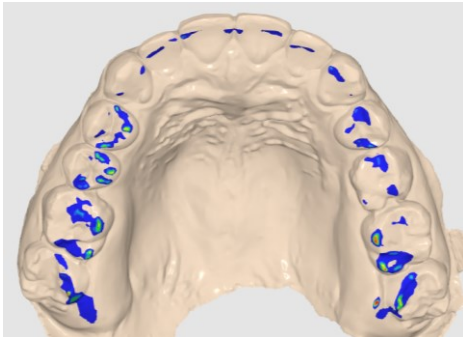
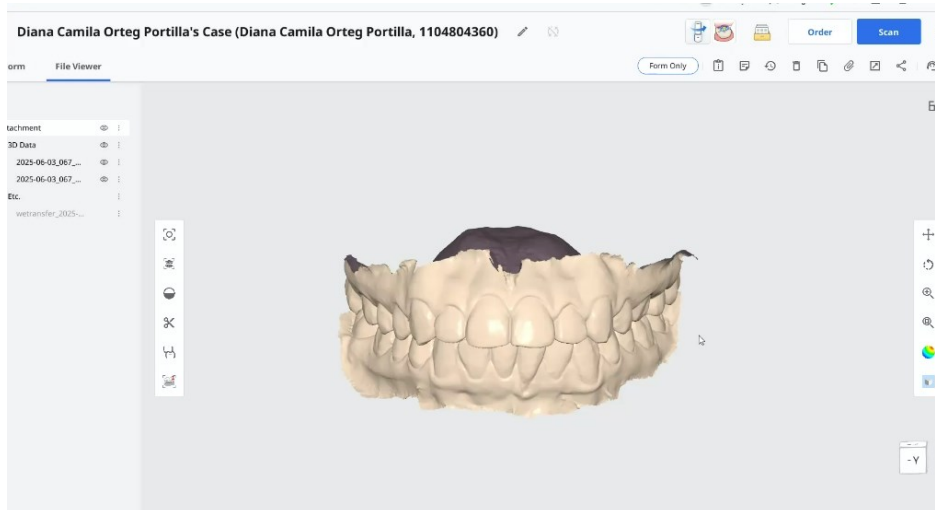
Preguntas (responda Sí o No):

1. ¿Actualmente usa ortodoncia? ☐ Sí ☐ No
2. ¿Ha usado ortodoncia en el pasado? ☐ Sí ☐ No
3. ¿Tiene todos los premolares presentes? ☐ Sí ☐ No
4. ¿Tiene todos los molares presentes (incluyendo terceros molares)? ☐ Sí ☐ No
5. ¿Nota algún diente que no contacte al morder? ☐ Sí ☐ No
6. ¿Experimenta ruidos o chasquidos en la mandíbula? ☐ Sí ☐ No
7. ¿Ha tenido dolor en la mandíbula o oídos en los últimos 3 meses? ☐ Sí ☐ No
8. ¿Siente que su mordida es inestable o incómoda? ☐ Sí ☐ No
9. ¿Le han diagnosticado bruxismo (rechinar de dientes)? ☐ Sí ☐ No
10. ¿Usa placa de relajación oclusal? ☐ Sí ☐ No

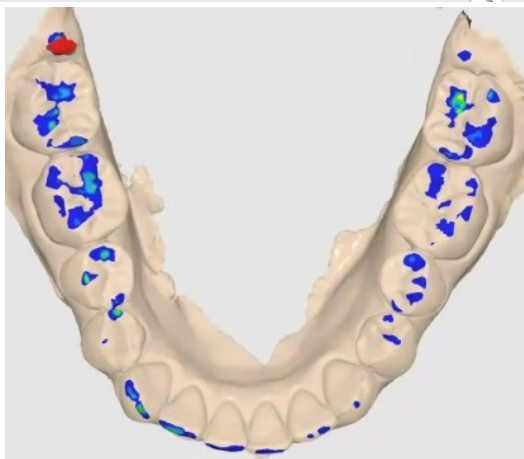
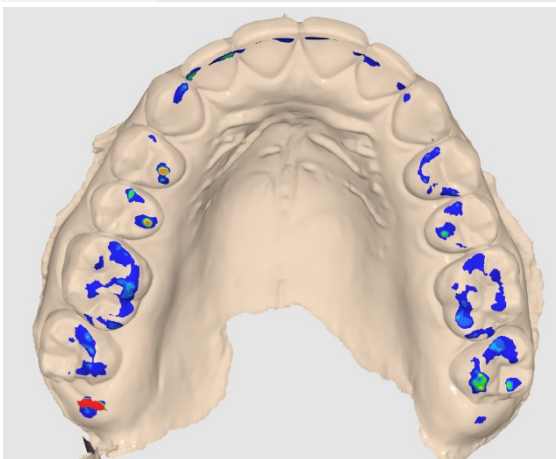
ANEXOS

Imágenes escaneos.

Paciente 2025-1

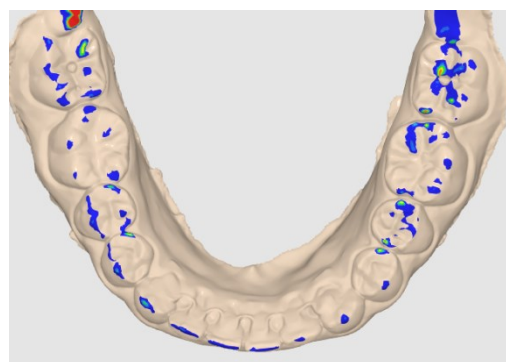
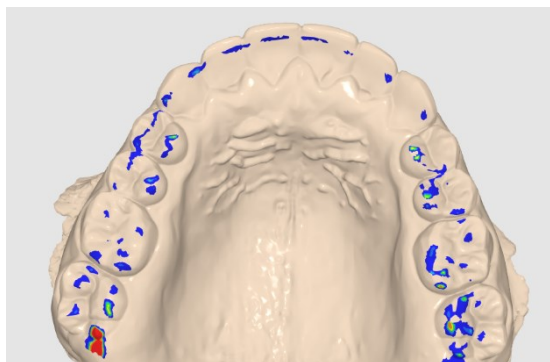
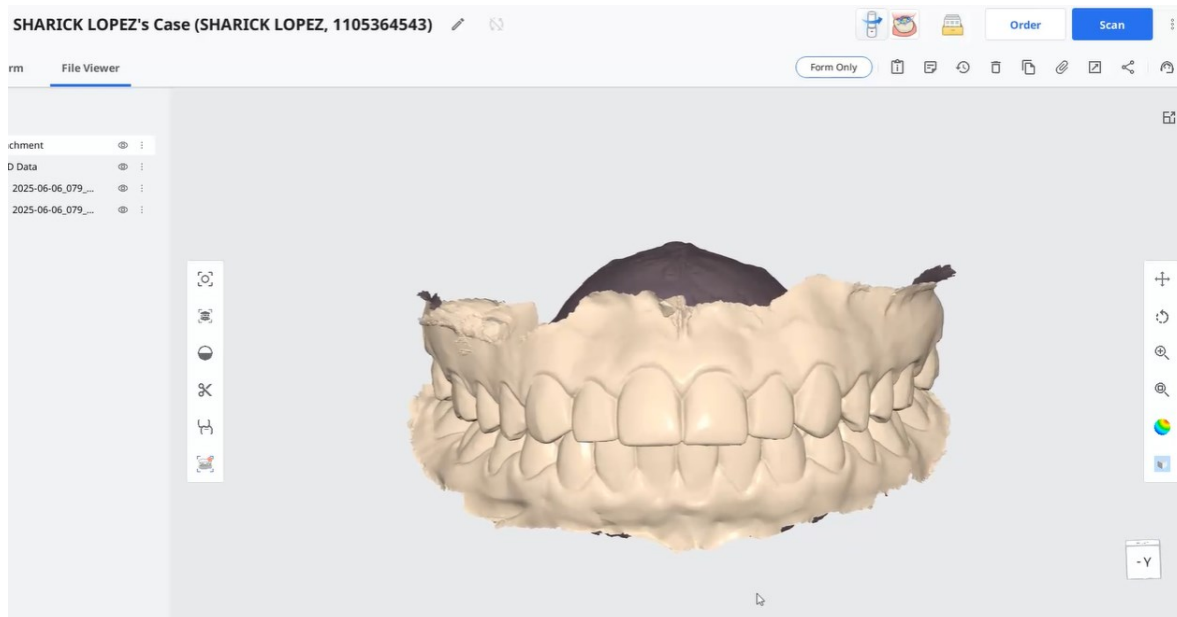


Paciente 2025-2

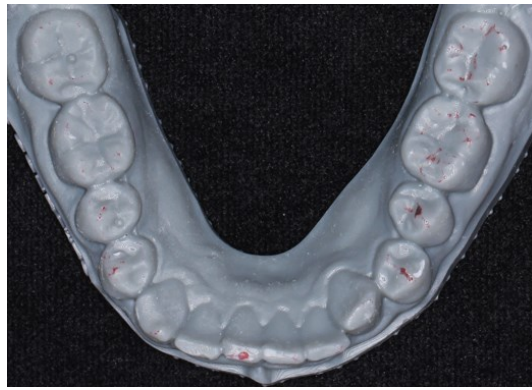
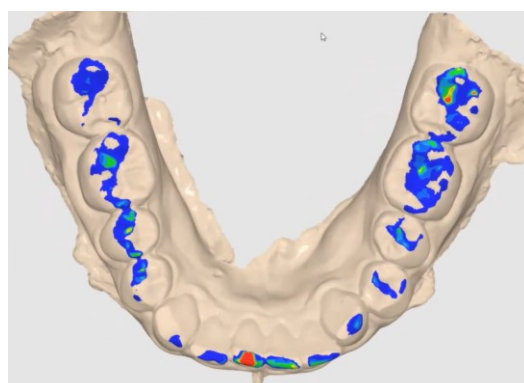
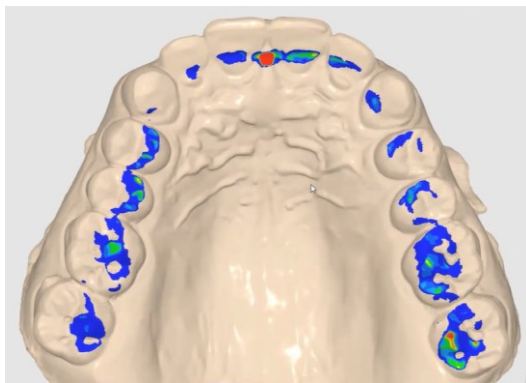
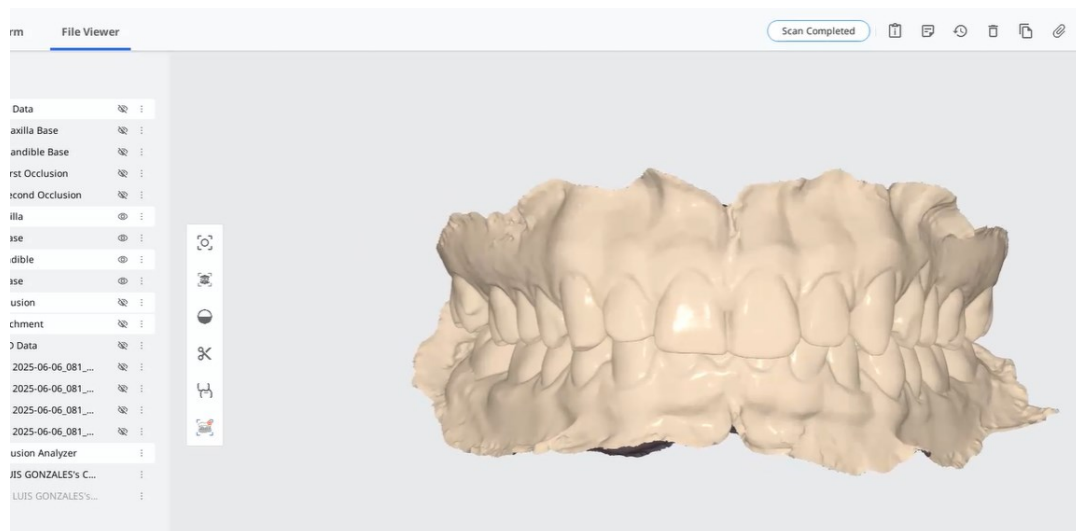


Paciente

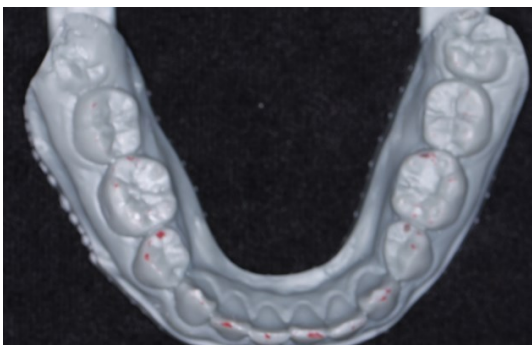
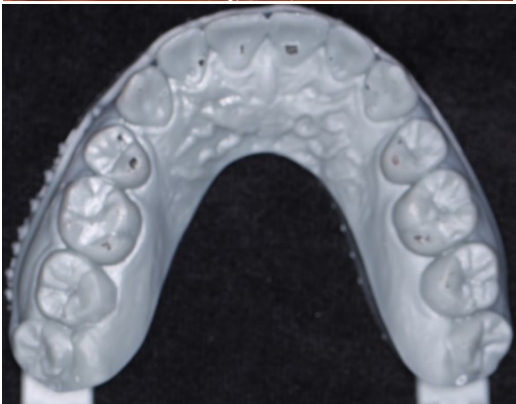
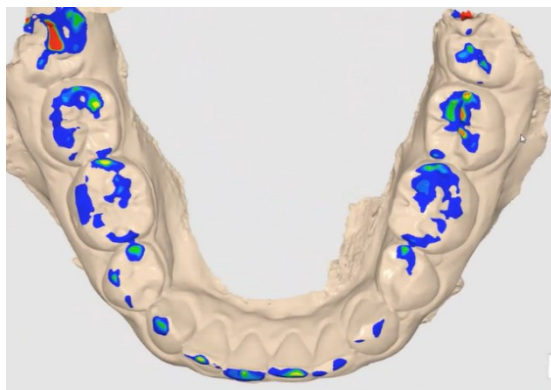
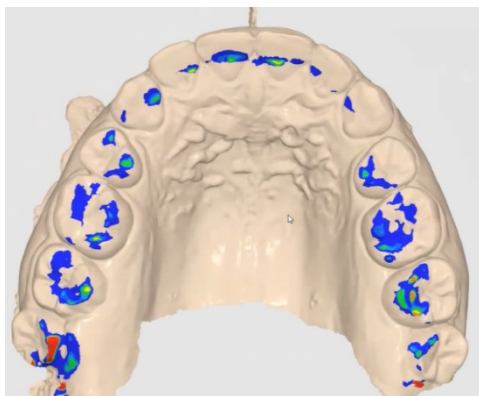
2025-3



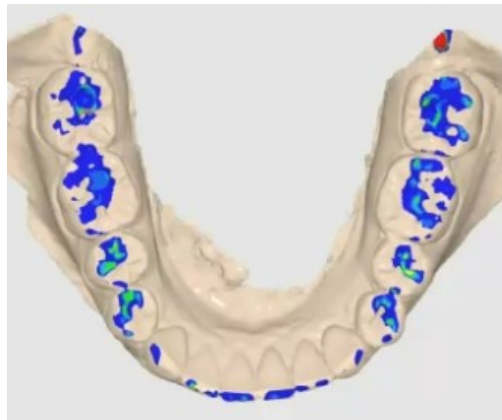
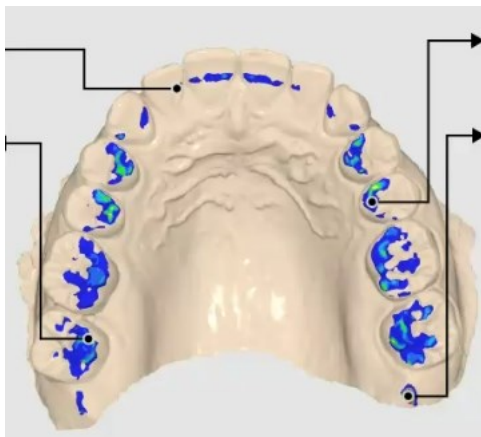
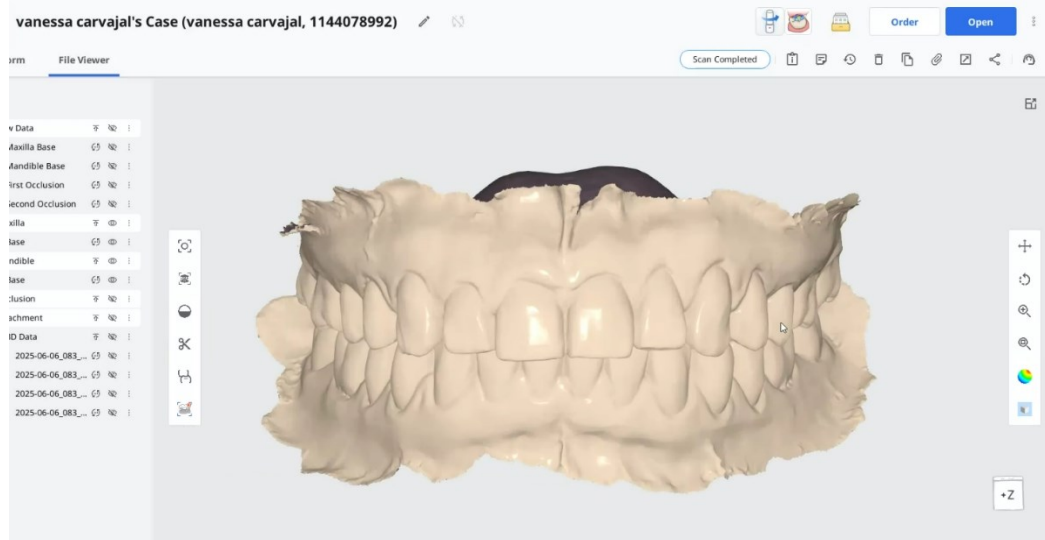
Paciente 2025-4



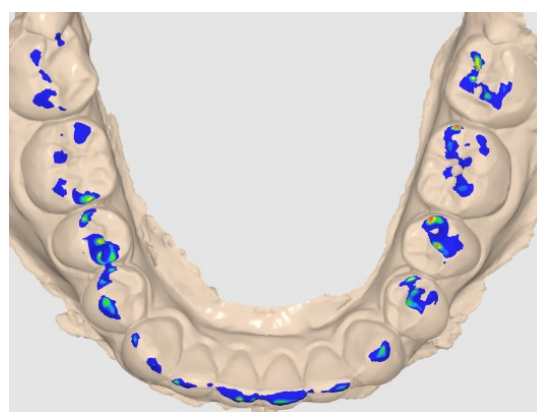
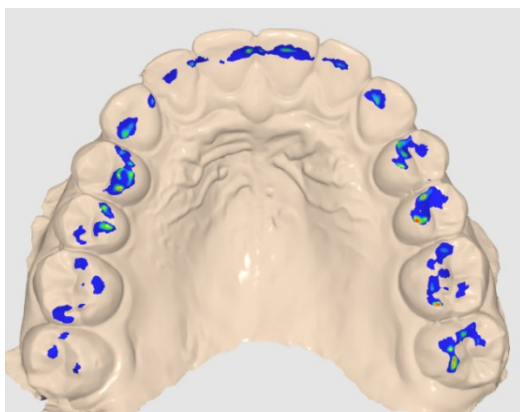
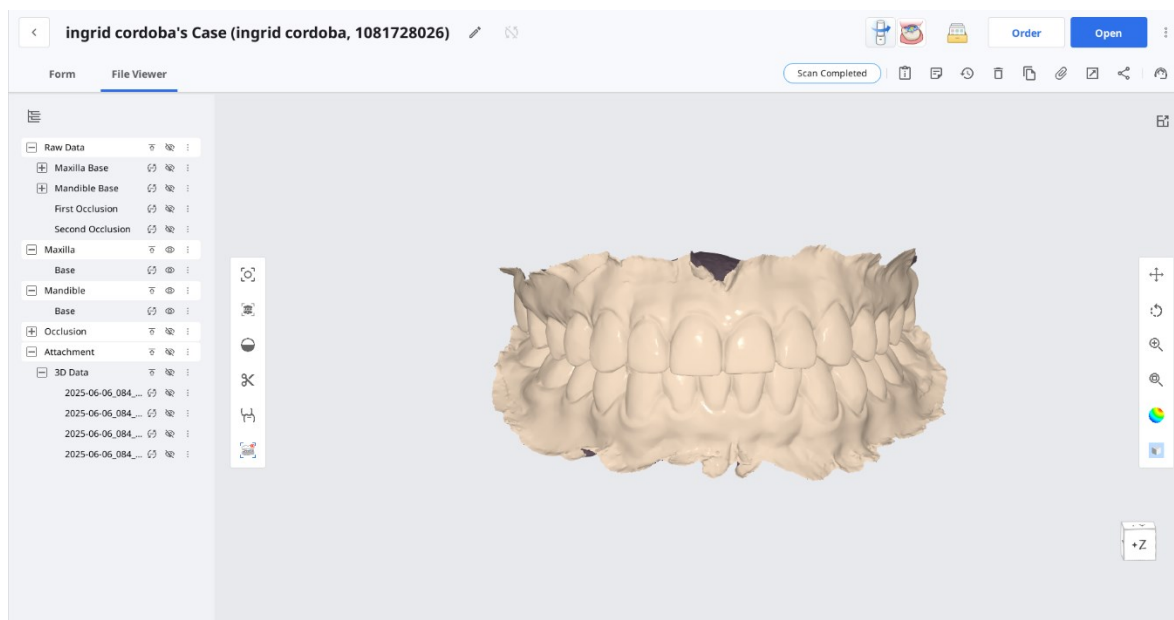
Paciente 2025-5



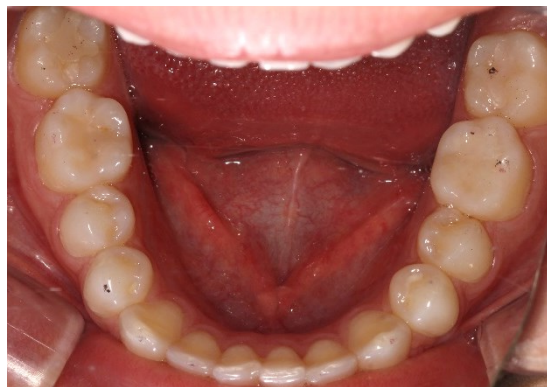
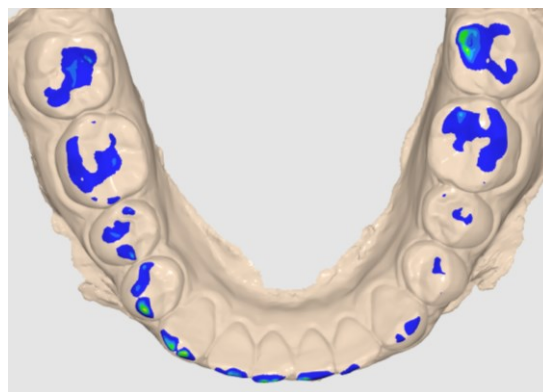
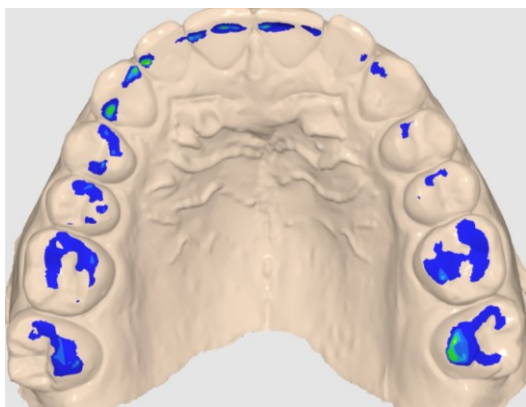
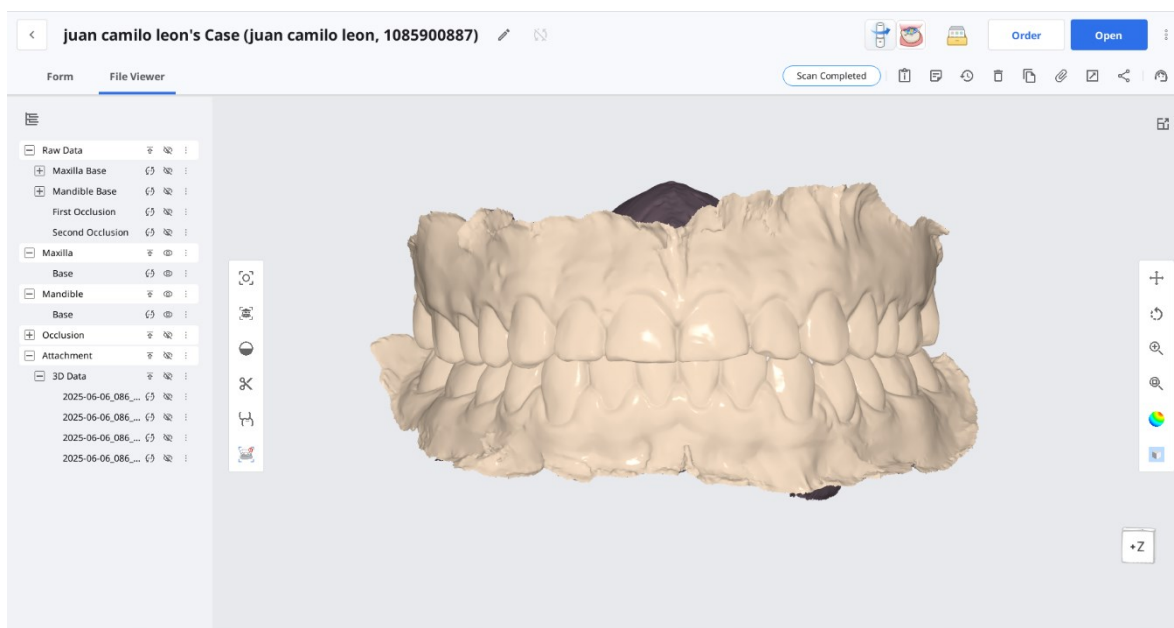
Paciente 2025-6



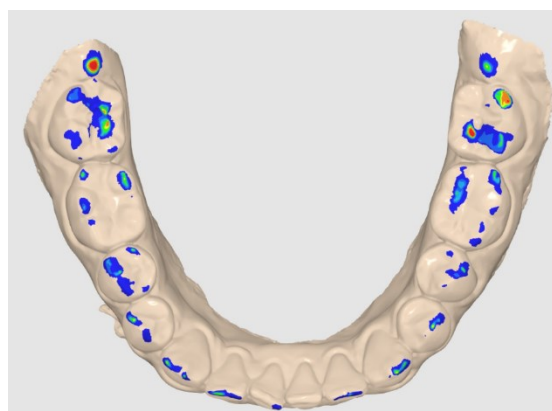
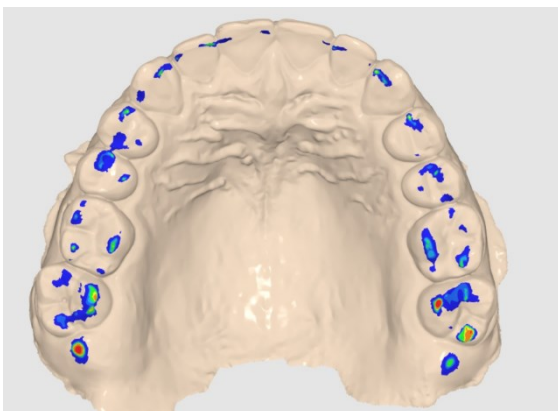
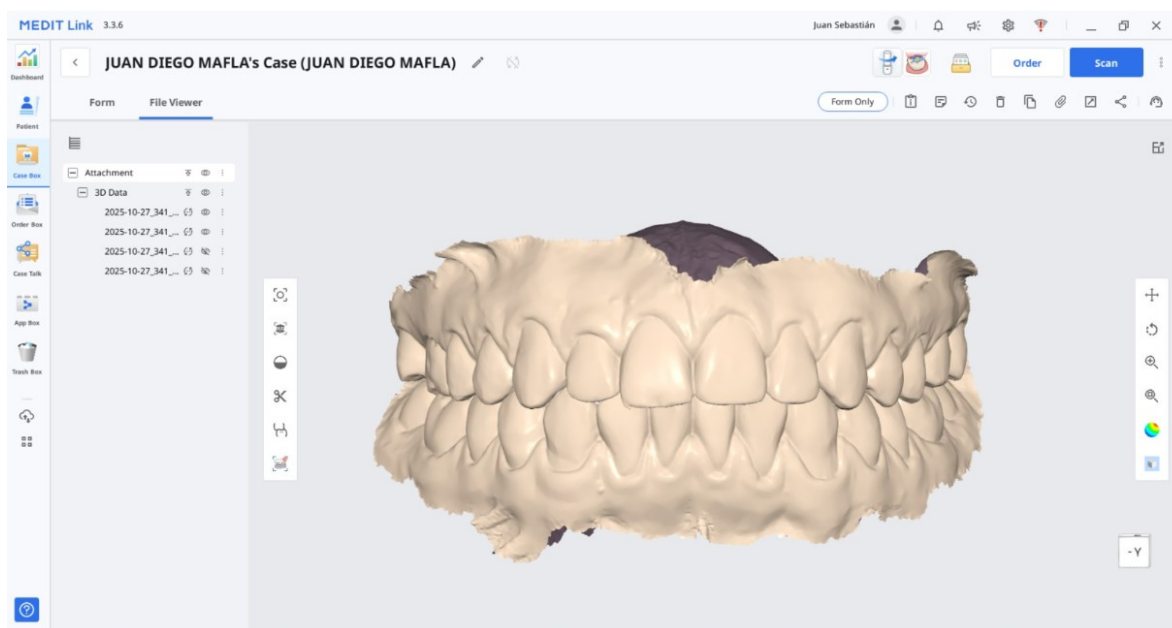
Paciente 2025-7



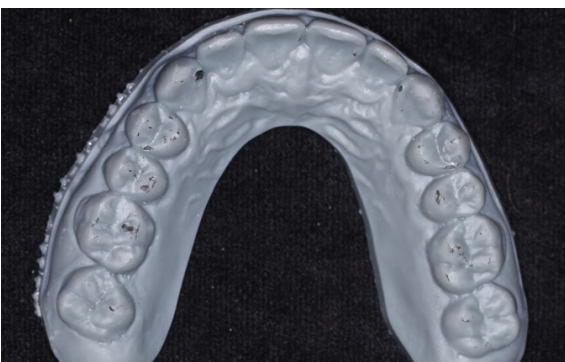
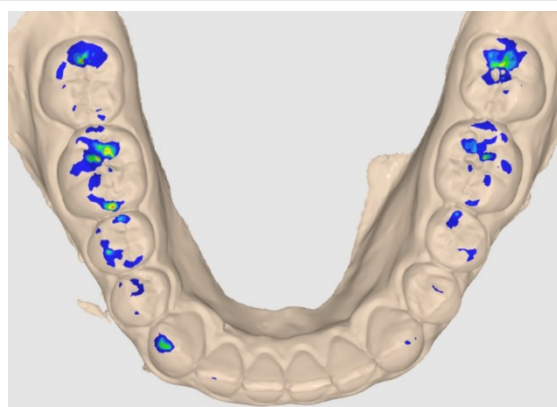
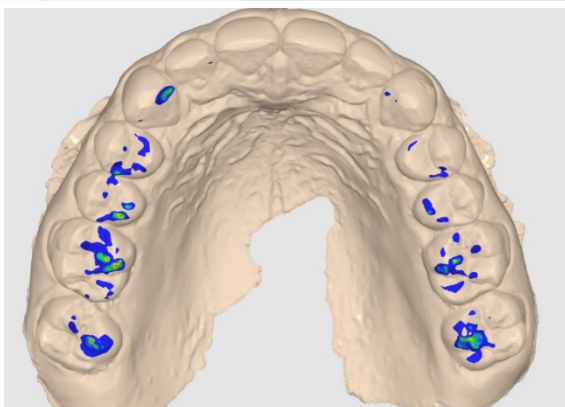
Paciente 2025-8



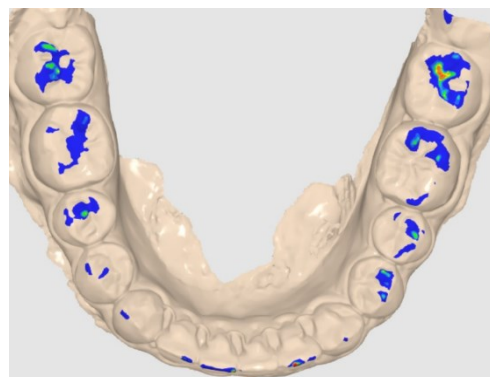
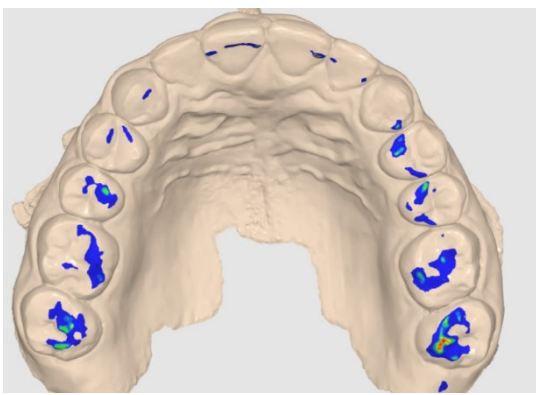
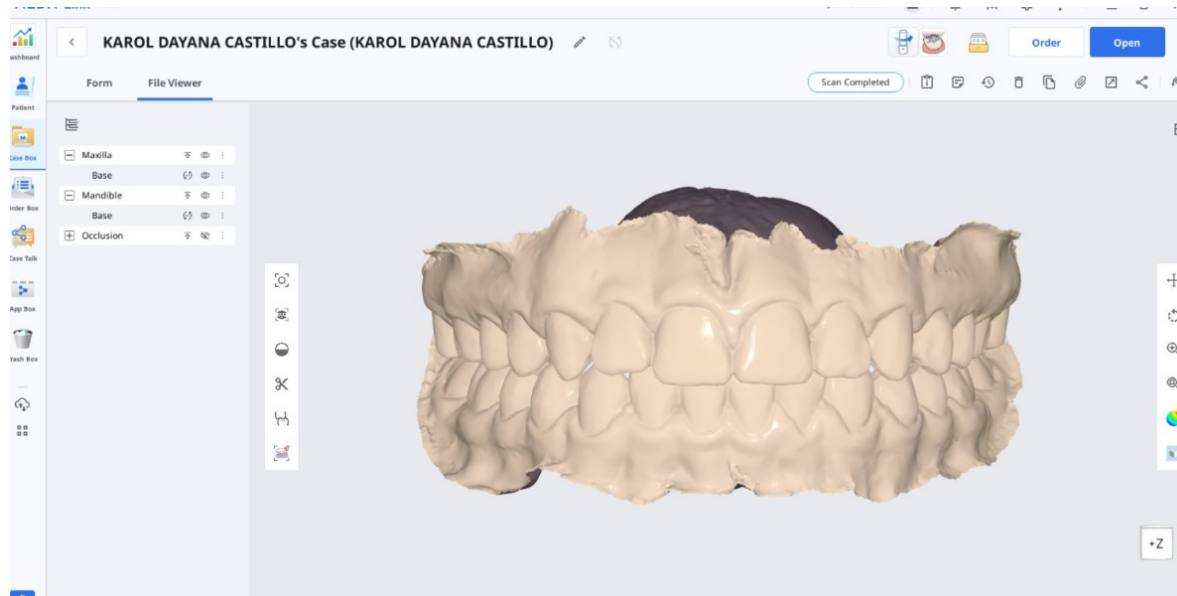
Paciente 2025-9



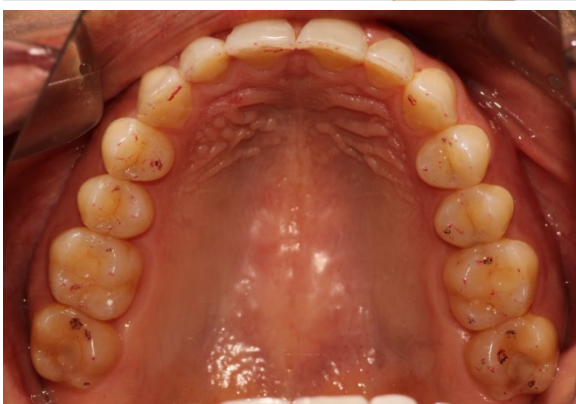
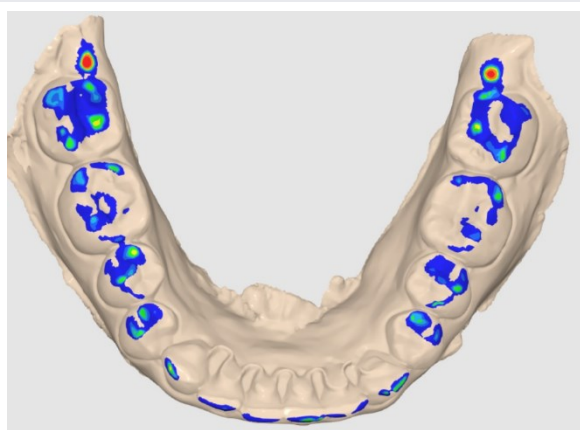
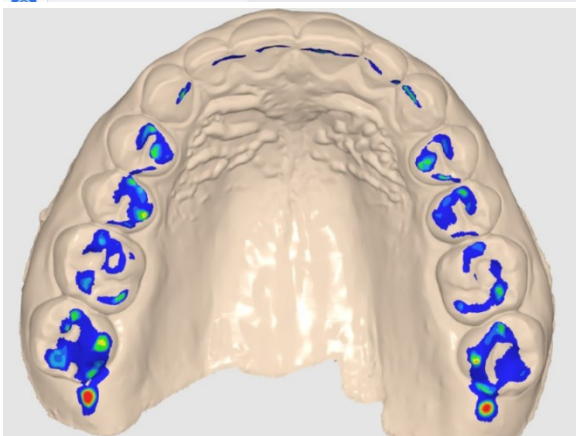
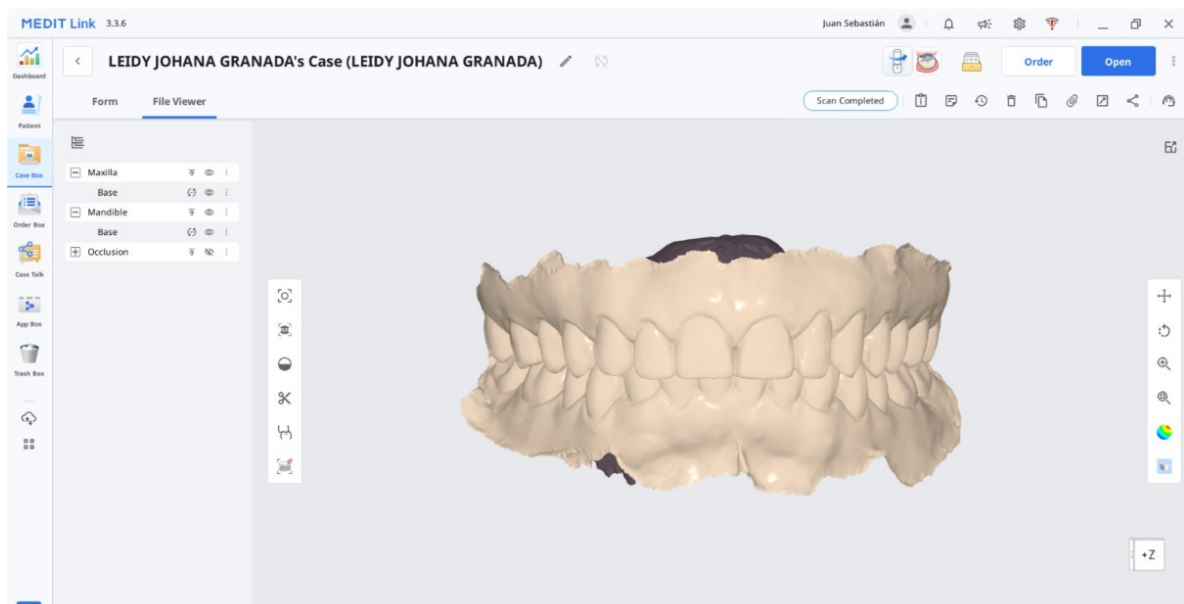
Paciente 2025-10



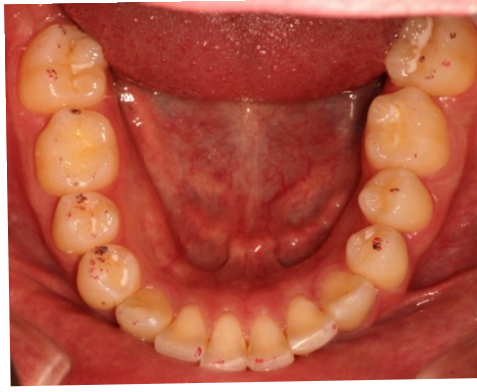
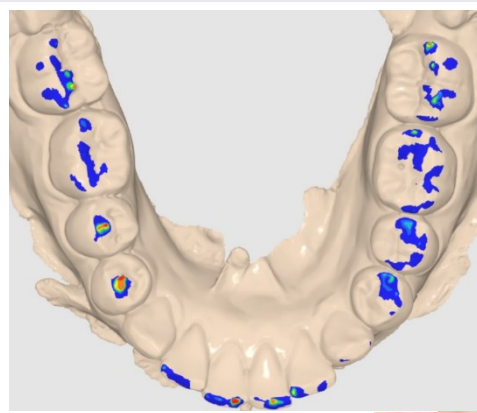
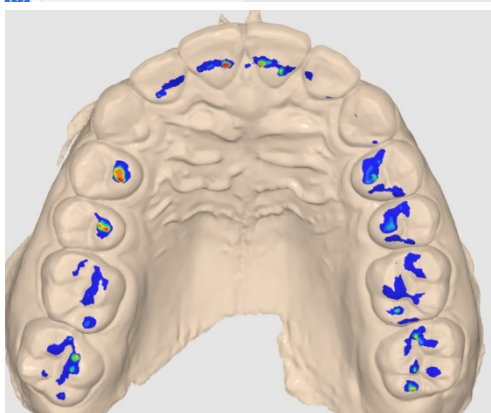
Paciente 2025-11



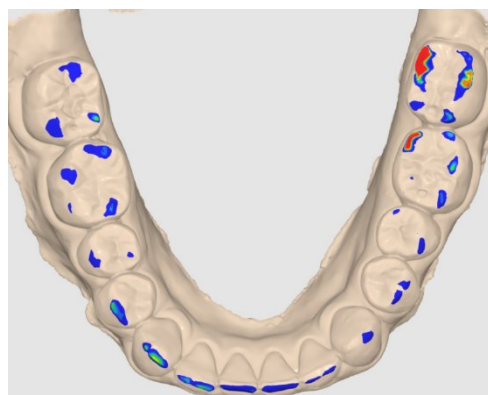
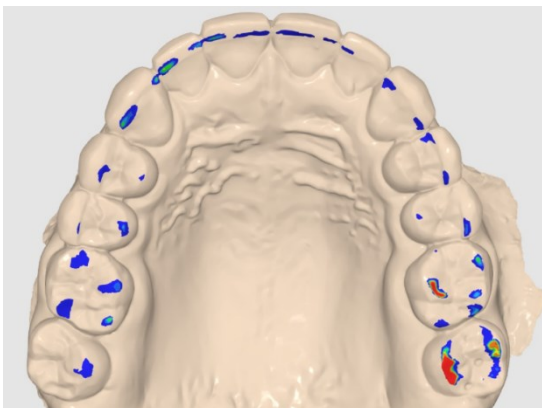
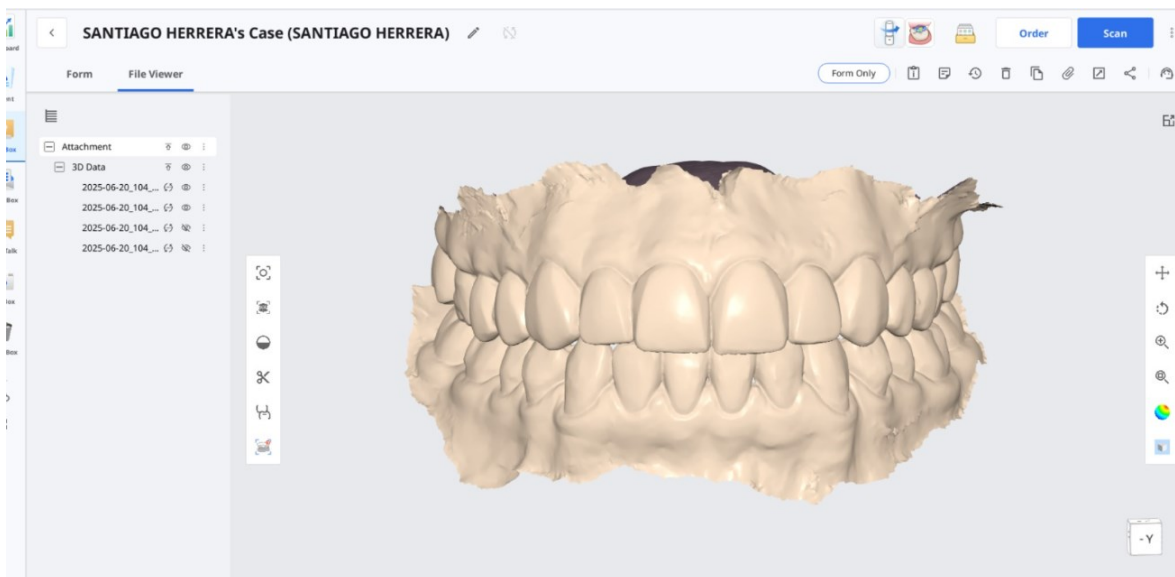
Paciente 2025-12



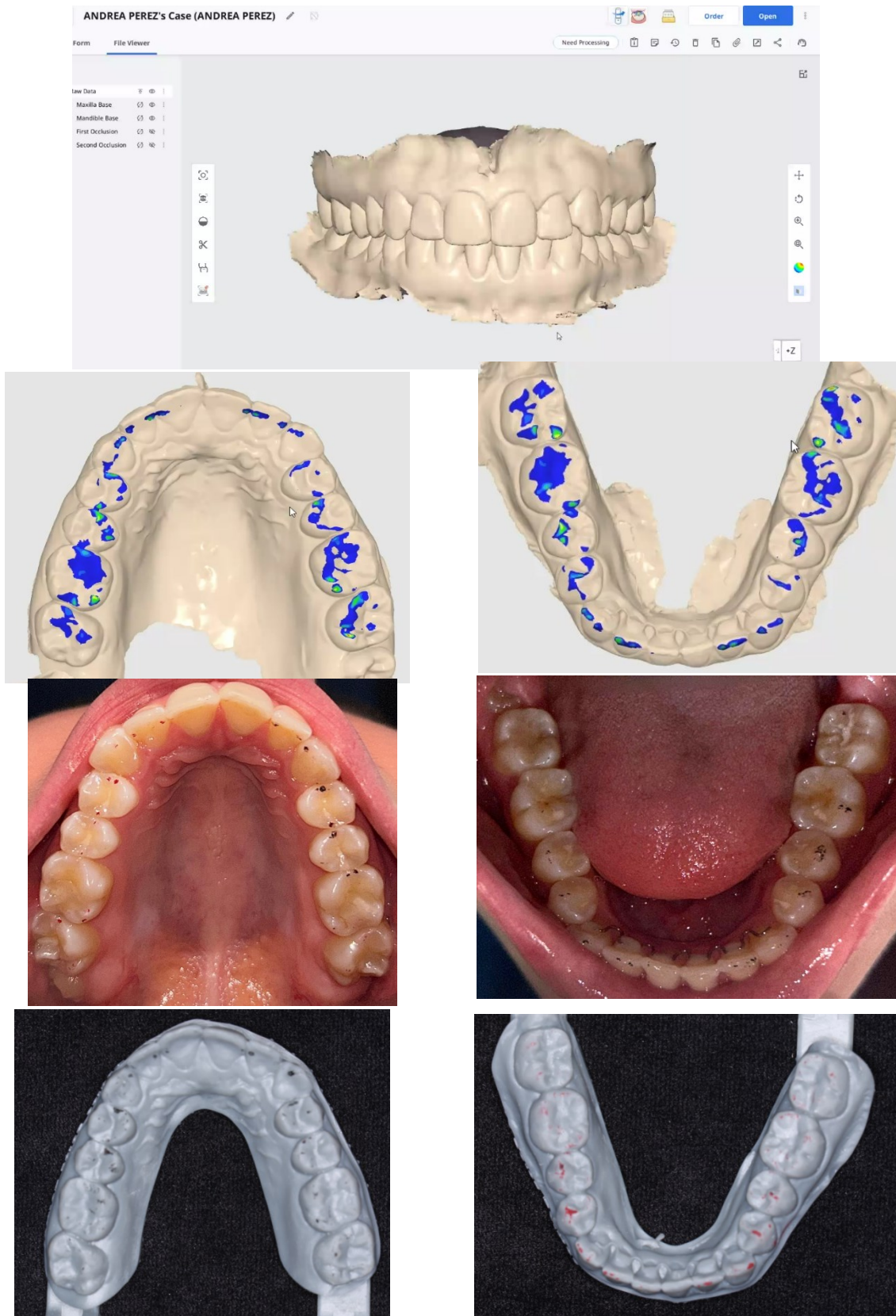
Paciente 2025-13



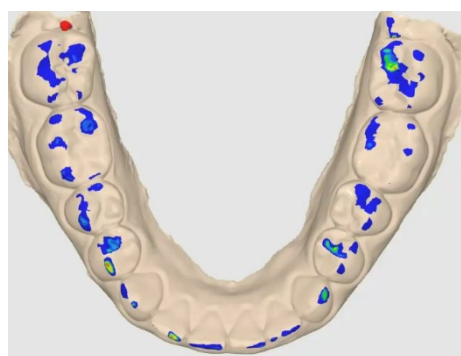
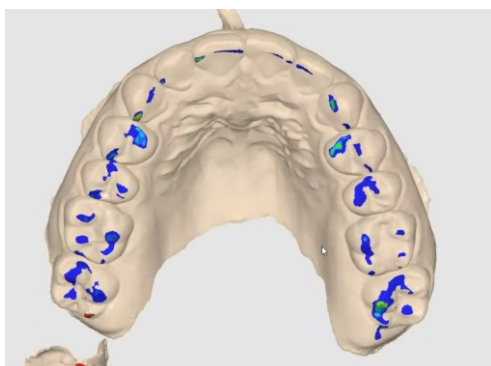
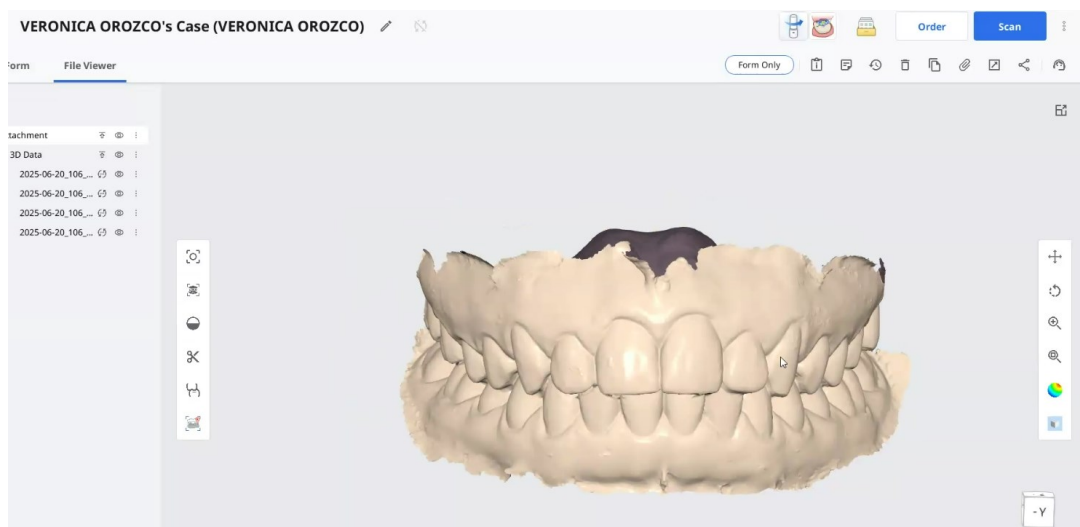
Paciente 2025-14



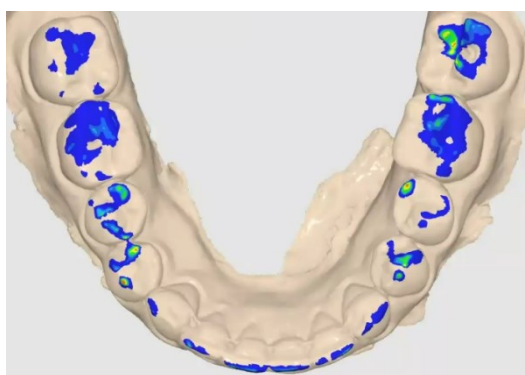
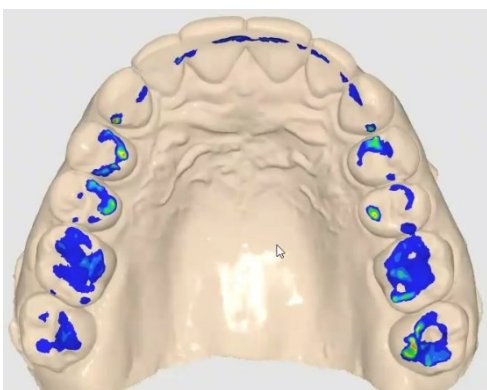
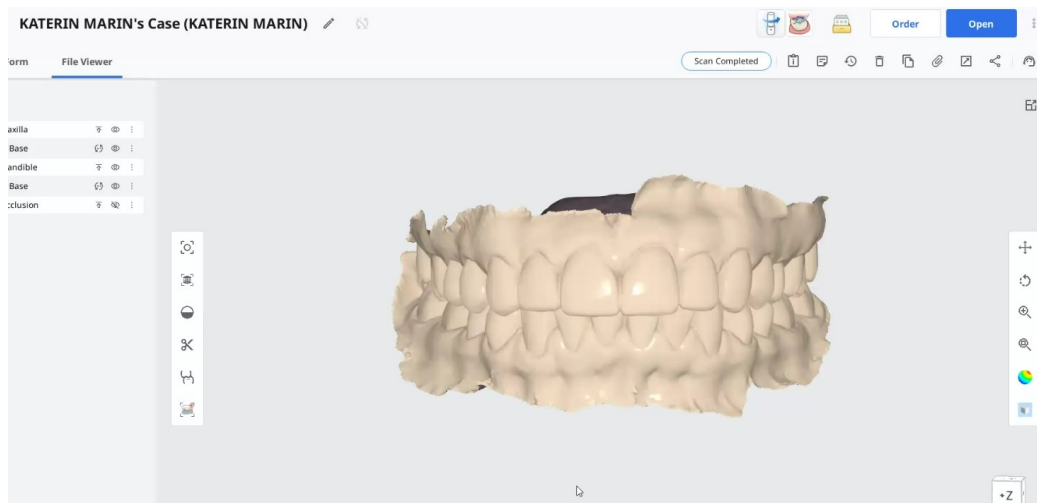
Paciente 2025- 15

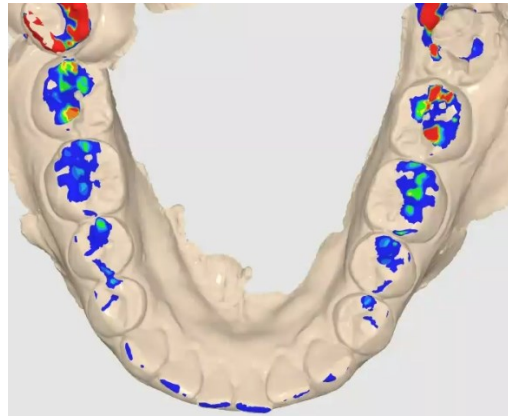


Paciente 2025-16

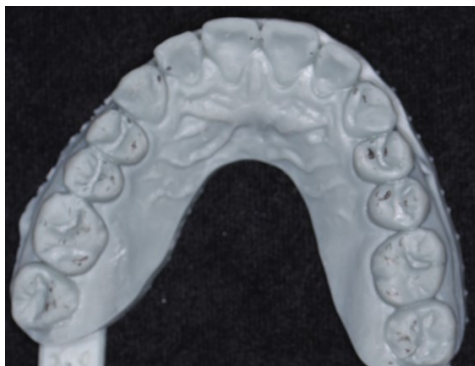
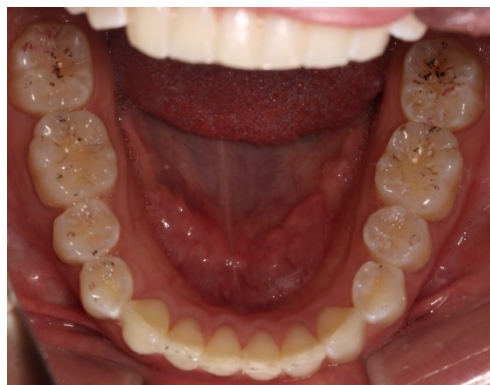
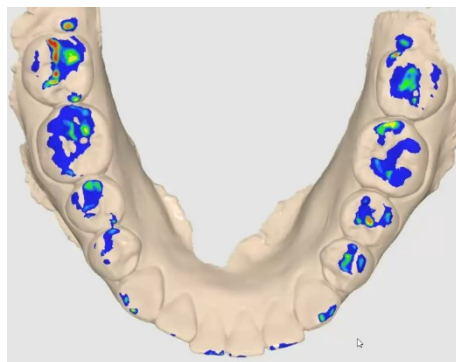
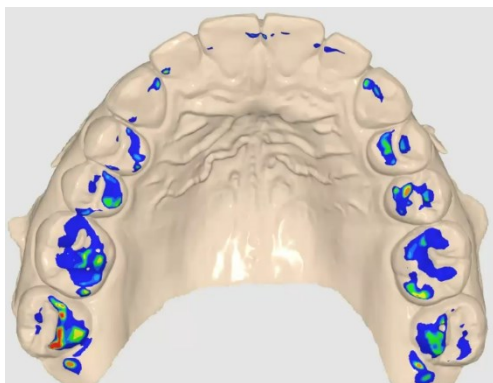
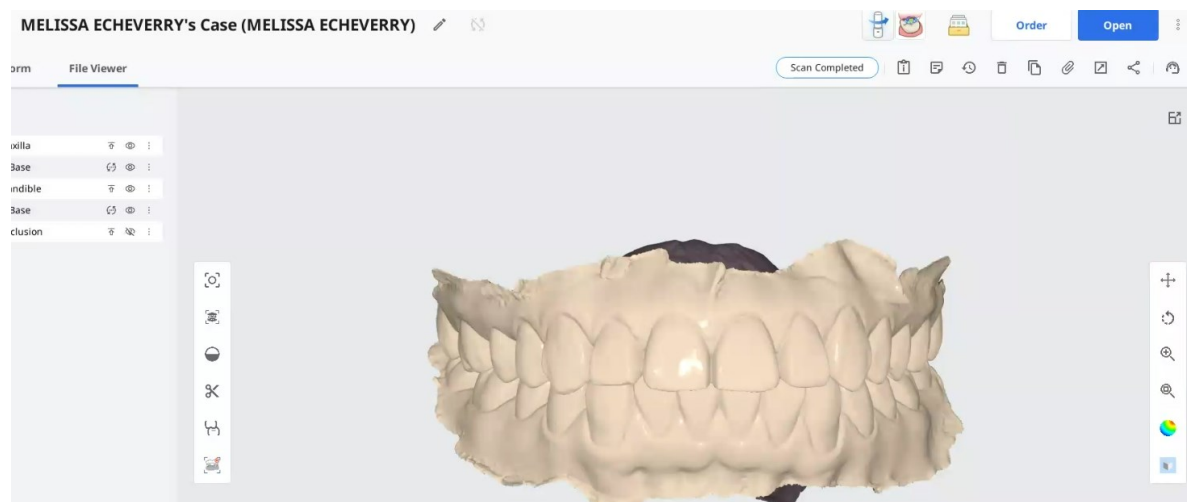


Paciente: 2025-17





Paciente 2025-19



Paciente 2025-20

