



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**

“COMPARACIÓN DE FLUJOS DE TRABAJO
ANALÓGICO Y DIGITAL EN LA ELABORACIÓN DE
PRÓTESIS PROVISIONALES”

CASO CLÍNICO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
PRÓTESIS BUCAL E IMPLANTOLOGÍA

P R E S E N T A:

CD. EUGENIA GAYTAN OLAGUIVEL

TUTOR: Mtro. Alejandro Treviño Santos



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Resumen

Introducción. El proceso de fabricación de prótesis provisionales desempeña un papel crucial en la rehabilitación oral sobre implantes. Su objetivo principal es evaluar aspectos estéticos, fonéticos, función masticatoria, y preservar la salud de los tejidos circundantes. Las prótesis temporales permiten la comunicación efectiva entre el paciente, el profesional y el laboratorio.

El desarrollo de nuevas tecnologías ha dado lugar a nuevas posibilidades en la rehabilitación oral actual. Los sistemas CAD/CAM permiten crear diseños asistidos por computadora y realizar restauraciones provisionales y definitivas.

En este reporte de caso clínico, se comparan dos flujos de trabajo: uno analógico y otro digital, desarrollando la secuencia de pasos necesarios desde la toma de modelos iniciales hasta la colocación de un prototipo provisional, evaluando la eficacia de cada uno.

Método (Reporte de un caso). Se presenta un caso clínico de una paciente femenina de 65 años, parcialmente desdentada portadora de implantes. Mediante ambos flujos de trabajo, se realiza la toma de información inicial, modelos de estudio y escaneo intraoral respectivamente, para el posterior diseño de prototipos y fabricación de prótesis provisionales sobre dientes e implantes. Se evaluó eficacia clínica, tiempo de producción y satisfacción de la paciente en la elaboración del prototipo provisional en base al encerado diagnóstico en ambos flujos realizados.

Resultados. Los dos flujos de trabajo presentaron resultados favorables en la colocación de las prótesis provisionales. En términos de eficacia, tiempo dedicado, satisfacción del paciente y las complicaciones que surgieron en cada caso, el flujo digital tuvo un mejor desempeño y capacidad para poder abordar las dificultades que se presentaron, asimismo mostro tener una alta predictibilidad al tener un menor número de discrepancias una vez que se colocó en boca.

Conclusiones. Tanto el flujo analógico como el flujo digital son opciones factibles para el desarrollo y resolución de rehabilitaciones orales complejas, sin embargo el abordaje digital demostró tener una secuencia más eficaz y predecible.

Palabras Clave: Prótesis provisional, Impresión 3D, Prototipo, Flujo de trabajo, Tecnología digital, Fabricación aditiva, CAD/CAM, Escaneo intraoral.

Abstract

Introduction. The manufacturing process of provisional prostheses plays a crucial role in oral rehabilitation over implants. Its primary objective is to evaluate aesthetic aspects, phonetics, masticatory function, and preserve the health of the surrounding tissues. Temporary prostheses enable effective communication between the patient, the professional, and the laboratory.

The development of new technologies has led to new possibilities in current oral rehabilitation. CAD/CAM systems allow for computer-aided designs and the creation of both provisional and definitive restorations.

In this clinical case report, two workflows are compared: one analog and one digital, developing the necessary sequence of steps from the initial model taking to the placement of a provisional prototype, evaluating the effectiveness of each.

Method (Case Report). A clinical case of a 65-year-old female patient, partially edentulous and carrying implants, is presented. Using both workflows, initial information is collected, study models and intraoral scans are taken, leading to the subsequent design of prototypes and the manufacturing of provisional prostheses for both teeth and implants. Clinical effectiveness, production time, and patient satisfaction in the creation of the provisional prototype based on the diagnostic wax-up in both workflows were evaluated.

Results. Both workflows yielded favorable results in the placement of provisional prostheses. In terms of effectiveness, time spent, patient satisfaction, and complications that arose in each case, the digital workflow performed better and had the ability to address the difficulties that arose, showing a high predictability with fewer discrepancies once placed in the mouth.

Conclusions. Both analog and digital workflows are feasible options for the development and resolution of complex oral rehabilitations. However, the digital approach has shown to have a more efficient and predictable sequence.

Keywords: Temporary prosthesis, 3D printing, Prototype, Workflow, Digital technology, Additive manufacturing, CAD/CAM, Intraoral scanning.

INTRODUCCIÓN

El proceso de fabricación de prótesis provisionales desempeña un papel fundamental en la rehabilitación oral sobre implantes.(1) Entre sus objetivos principales se encuentran la confirmación del método de fijación (cementado o atornillado), la evaluación de aspectos estéticos, fonéticos y de función masticatoria, así como la preservación de la salud de los tejidos circundantes a través de la creación de un perfil de emergencia que simula la futura prótesis definitiva.(2) Además, las prótesis temporales facilitan una comunicación efectiva entre el paciente, el profesional de la salud dental y el laboratorio, permitiendo a los pacientes valorar y si es necesario, ajustar el diseño del prototipo, lo que se reflejará en la fabricación de la rehabilitación definitiva. Por otra parte, una vez se logren los resultados deseados, el odontólogo puede transmitir esta información al laboratorio utilizando diversas herramientas, como fotografías, modelos de estudio y escaneo intraoral, con el fin de asegurar que el resultado final sea coherente con el prototipo provisional. (3)

Existen varias técnicas para fabricar una prótesis sobre implantes. Se pueden realizar intraoralmente, confeccionándolas de manera directa en los aditamentos temporales, o extraoralmente en laboratorio, es decir, de manera indirecta.(4)(5) Uno de los aspectos a tomar en cuenta al elaborar dichas prótesis, es poder transportar la información con las mismas dimensiones evitando tener discrepancias significativas que alteren el diseño original al momento de su colocación en la cavidad oral, esto puede generar complicaciones que requieran modificar o repetir la colocación del prototipo provisional, siendo más común en rehabilitaciones con brechas edéntulas extensas que requieren rehabilitación sobre implantes.

El desarrollo de nuevas tecnologías ha dado lugar a nuevas posibilidades en la rehabilitación oral actual. Los sistemas CAD/CAM permiten crear diseños asistidos por computadora y realizar restauraciones provisionales y definitivas.(6) El proceso consiste en tres pasos: escaneo de las arcadas dentales, diseño de la restauraciones o prototipos, y fresado o impresión 3D de estas, con manufactura substractiva o aditiva(7). En lugar de tomar impresiones analógicas y obtener los positivos, el escaneo intraoral puede utilizarse para crear una imagen virtual y exportar los archivos

STL por sus siglas en inglés “Standard Tessellation Language” a un programa de diseño asistido por computadora.

A diferencia del enfoque analógico utilizado en la producción de restauraciones basadas en encerados diagnósticos con modelos de yeso, el flujo digital requiere la creación de restauraciones mediante un programa de diseño asistido por computadora (CAD). En este proceso, se pueden fusionar varios escaneos, también conocidos como mallas, con el fin de replicar las restauraciones de manera similar al prototipo original. Incluso es factible diseñarlas con las mismas dimensiones que el encerado diagnóstico. Una vez que se completa el diseño de las restauraciones o prótesis, ya sean definitivas o provisionales, se envían a un programa de manufactura asistida por computadora (CAM) para su fresado o impresión en materiales prefabricados. De esta forma, es posible fabricar desde modelos de estudio y férulas de descarga hasta prótesis provisionales y definitivas, utilizando diferentes materiales, como resina o cerámica.(8)

La manufactura aditiva es, sin duda, una de las tecnologías de desarrollo más rápido con un gran potencial en el ámbito de la rehabilitación oral. Hoy en día, se están introduciendo en el mercado una amplia variedad de impresoras tridimensionales (3D) y materiales imprimibles, dando como resultado nuevas aplicaciones clínicas de esta tecnología, siendo la fabricación de prótesis provisionales una de ellas.(9) Estas ofrecen varias ventajas en comparación con las técnicas de fresado, como un bajo costo, producción rápida y menos producción de residuos.

Ambas técnicas digitales pueden producir restauraciones provisionales de mayor calidad y precisión que las fabricadas mediante técnicas manuales convencionales. Además, presentan mejores propiedades físicas y mecánicas, incluyendo resistencia a la flexión y propiedades superficiales que las coronas provisionales realizadas de manera convencional.(10)

Este informe de caso clínico compara dos flujos de trabajo: uno analógico y otro digital, desde la etapa de encerado diagnóstico hasta la colocación de provisionales en una paciente parcialmente desdentada portadora de implantes. En el flujo analógico se utilizó una técnica de provisionalización directa con acrílico autocurable sobre los aditamentos temporales con la ayuda de llaves de silicona por condensación para

laboratorio tomadas del encerado diagnóstico analógico. En el flujo digital se realizó una técnica indirecta mediante la fabricación de prótesis provisionales mediante el uso de una impresora 3D, unificando el encerado diagnóstico digital con la toma de impresión digital de los implantes.

OBJETIVO

Evaluar y comparar la eficacia, precisión, tiempo de producción y satisfacción del paciente entre el flujo de trabajo analógico y digital , con el propósito de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones clínicas en la elección de la mejor técnica para la fabricación de prótesis sobre implantes en rehabilitaciones parciales y totales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la eficacia de ambos flujos en la fabricación de prótesis provisionales sobre implantes, considerando la adaptación y estabilidad de estas.
2. Comparar el tiempo de producción entre los métodos analógico y digital, desde la impresión inicial hasta la colocación de las prótesis en el paciente.
3. Evaluar la satisfacción del paciente en relación con la comodidad, estética y ajustes necesarios de las prótesis fabricadas mediante el método analógico y el digital.
4. Comparar los costos asociados con los dos enfoques, considerando los materiales y el tiempo de trabajo clínico y de laboratorio.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente femenina de 65 años de edad, con antecedentes médicos significativos como DM II, HA, Glaucoma y un estado de salud ASA 2 con el motivo de consulta: “vengo a que continúen con mi tratamiento.” A la exploración clínica presenta provisionales de acrílico sobre implantes en zona de dientes premolares y molares de ambas arcadas. (O.D. 14, 15, 16, 17, 25, 26, 27, 36, 37 y 45). (Fig. 1 y 2), ausencias dentarias y dientes pilares de prótesis fija unitarias sin provisionales.



Fig 1 y 2. Fotografías extraoral e intraoral, situación inicial.

Al interrogatorio, la paciente mencionó que previo a la pandemia se le colocaron implantes para rehabilitar zona anteriormente mencionada y su tratamiento llegó hasta la fase de provisionales debido a la extracción de los dientes 23 y 24. Debido a la pandemia, la paciente permaneció con los provisionales durante 2 años y medio. (Fig. 3 y 4).



Fig 3 y 4. Fotografías intraorales laterales, situación inicial.

Al examen radiográfico se observan ocho implantes bone level (Grand Morse, Neodent de Straumann Group, Basilea, Suiza) localizados en la zona del primer premolar superior derecho (O.D. 14), primer molar superior derecho (O.D. 16) y segundo molar superior derecho (O.D. 17) (Fig. 5 y 6), segundo premolar superior izquierdo (O.D. 25) y segundo molar superior izquierdo (O.D. 27) (Fig. 7), primer molar inferior izquierdo (O.D. 36) y segundo molar inferior izquierdo (O.D. 37) y segundo premolar inferior derecho (O.D. 45) respectivamente (Fig. 8 y 9).

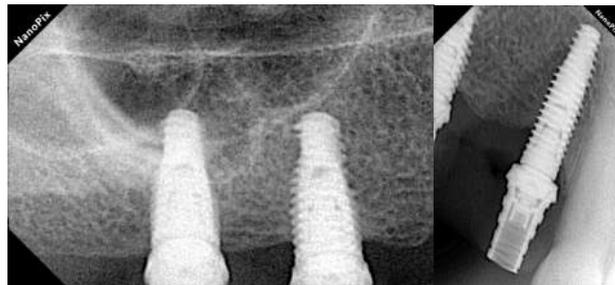


Fig 5 y 6. Radiografías dentoalveolares del cuadrante superior derecho.

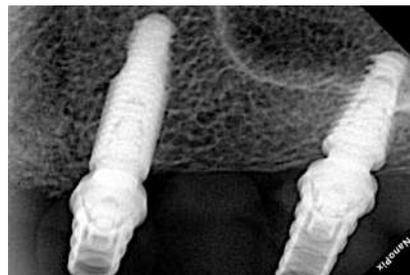


Fig. 7 Radiografía dentoalveolar del cuadrante superior izquierdo.

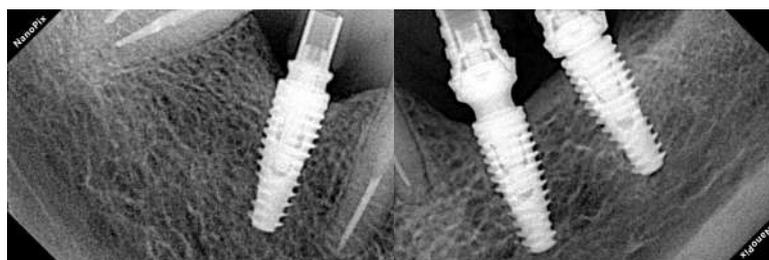


Fig. 8 y 9 Radiografías dentoalveolares del cuadrante inferior derecho e izquierdo.

Al retirar los provisionales sobre implantes se observaron aditamentos transmucosos tipo Mini Pilar Cónico GM (Neodent, Straumann Group) con las siguientes medidas: 2.5, 1.5 y 0.8 mm y la plataforma de un implante unitario. (Fig. 10 y 11).



Fig 10 y 11. Fotografías intraorales superior e inferior, se observan aditamentos transmucosos en zona de O.D. 14, 16, 17, 24, 27, 36, 37 y la plataforma del implante en zona de O.D. 45.

Con base a la anamnesis, exploración clínica, modelos de estudio, tomografía y radiografías(11), se diagnosticó a la paciente como:

- Parcialmente desdentada superior e inferior, mordida abierta posterior, ausencia de contactos oclusales posteriores con provisionales desajustados y filtrados.

Para efectuar la comparación entre el flujo de trabajo analógico y el digital se realizaron los mismos pasos en ambas técnicas, comenzando por obtener una DVO adecuada mediante un Jig Multifuncional en resina Tetric N-Ceram (12)(Ivoclar Vivadent, Zúrich, Suiza) en el que se logró obtener una medida de cenit de central a cenit de central de 17 mm. (Fig. 12 y 13)



Fig 12 y 13. Fotografía intraoral del Jig Multifuncional y fotografía extraoral con el Jig Multifuncional.

Para el flujo analógico se tomaron impresiones con polivinilsiloxano Elite HD (Zhermack, Italia), se obtuvieron modelos de estudio en yeso tipo IV (Sandy Brown, Zhermack, Italia) y relaciones craneomandibulares para su montaje en articulador. (Fig. 14)

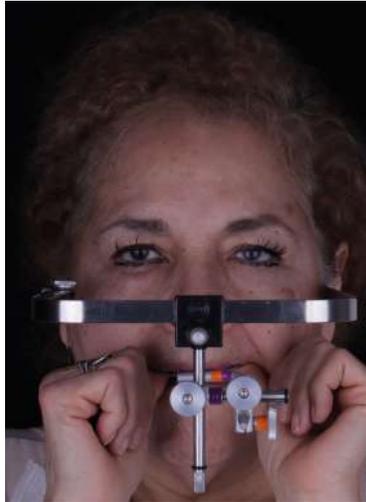


Fig. 14 Toma de arco facial para montaje en articulador Hanau Modular.

Se realizó encerado de diagnóstico analógico (Fig. 15) de boca completa con el fin de realizar el primer aumento de DVO mediante el cambio de provisionales en sector posterior, tanto en implantes como en dientes pilares.

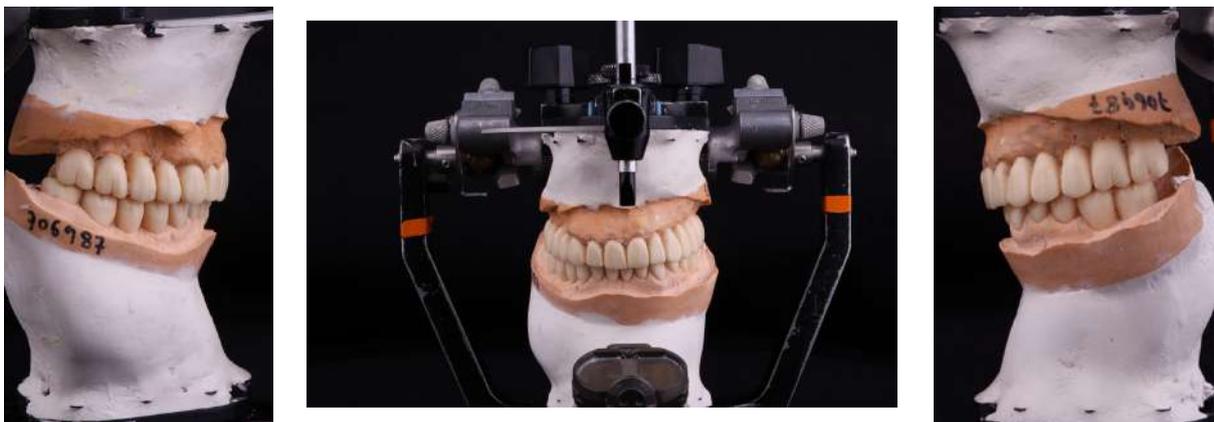


Fig. 15 Encerado diagnóstico analógico en articulador Hanau Modular.

Para efectos de provisionalización, se realizó el primer juego en sector posterior sobre los aditamentos provisionales Cilindro en Titanio del Mini Pilar Cónico Neo (Neodent, Straumann Group) para los provisionales ferulizados y el provisional individual a nivel del implante con Muñón Pro Preek GM (Neodent, Straumann Group), seguido del sector anterior con acrílico Jet (Lang Dental Mfg. Co., Inc. USA). (Fig.16)

La técnica utilizada fue directa mediante acetatos transparentes para provisionales y se vertió el acrílico para llevarlos a boca con los aditamentos previamente atornillados. Se conformaron perfiles de emergencia, el ajuste oclusal fue realizado en todos los dientes y se pulieron al alto brillo en motor de banco.



Fig. 16 Acetato para provisionales tomado del encerado diagnóstico analógico



Fig. 17a Juego de Provisionales colocado (analógico).



Fig. 17 b y c Fotografías intraorales de prototipo analógico con provisionales en sector posterior directos.

Para el flujo digital se realizó el escaneo intraoral (Medit i600, MEDIT Corp., Seoul, República de Corea) con el Jig Multifuncional (Fig. 17 y 18); previo a la toma de datos se realizó la calibración del dispositivo con el fin de realizar el montaje en el articulador Virtual Artex CR(Amann Girrbach, Kolbach, Austria).

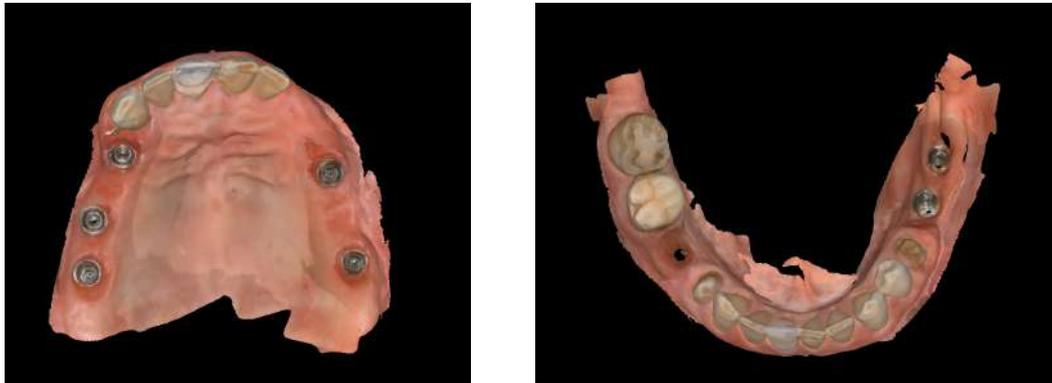


Fig 18 y 19. Escaneo intraoral con Jig Multifuncional.

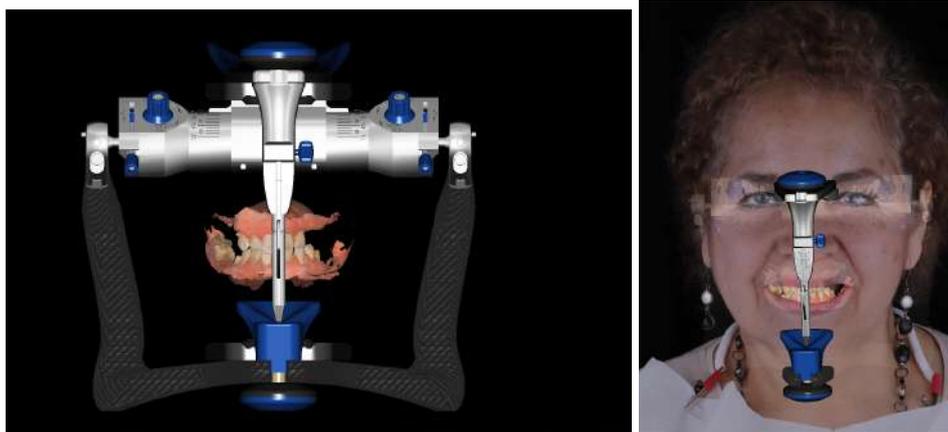


Fig 20 y 21. Montaje en articulador virtual y empalme con fotografía extraoral.

Realizado el montaje en el articulador virtual se diseñó un encerado diagnóstico digital (Fig. 21 y 22) cumpliendo con los parámetros estéticos y funcionales con el software Exocad 3.0 Galway (Darmstadt, Alemania).

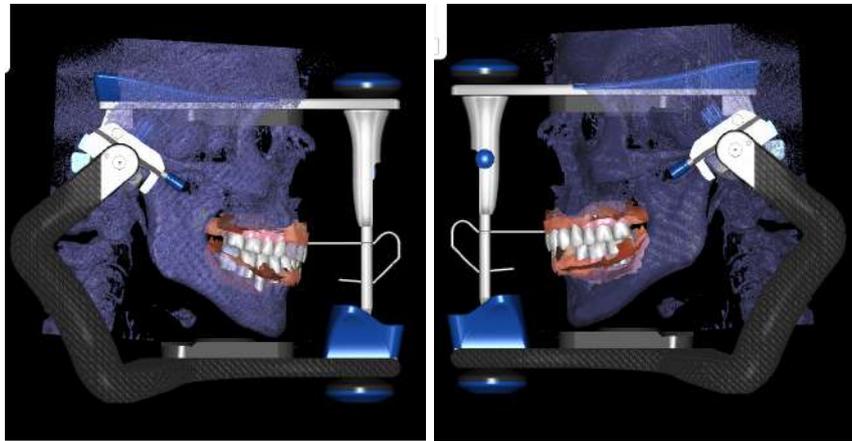
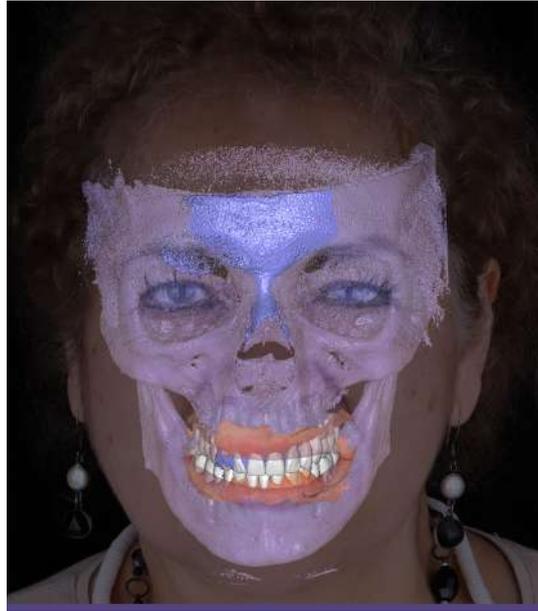


Fig 22 y 23. Unificación de fotografía extraoral, con encerado digital y tomografía y vistas laterales del encerado digital.

Los archivos STL del diseño se imprimieron mediante manufactura aditiva (Fig.23, 24 y 25) utilizando una impresora 3D con tecnología DPP (Daylight Polymer Printing) Sonic Mini 8K S (Phrozen Tech Co. LTD., Taiwan), y la resina Aqua Resin Vanilla 8K (Phrozen Tech Co. LTD., Taiwan).





Fig 24, 25 y 26. Modelos impresos de encerado diagnóstico digital.

Para la provisionalización del flujo digital se realizó un Mock up del encerado digital con resina bisacrílica autopolimerizable Protemp 4 (3M Espe, EUA).



Fig 27. Mock-up de encerado digital.

Para la fabricación de las prótesis provisionales en el flujo digital, se tomó un nuevo escaneo intraoral con el objetivo de empalmar esta malla con el encerado digital previamente realizado.

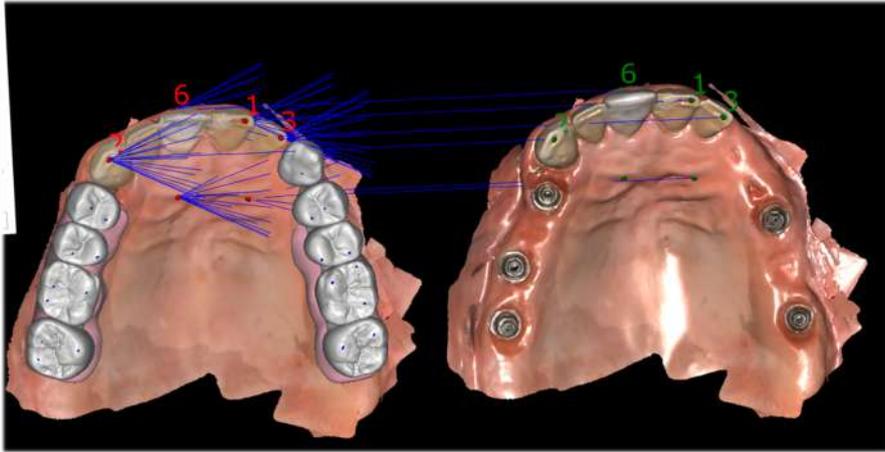


Fig 28. Alineación de mallas para la confección de las prótesis provisionales.

Una vez alineadas las mallas se procedió a delimitar el diseño de las prótesis provisionales en ambas arcadas y se agregaron unos attaches que se unen a los órganos dentarios de la paciente con la función de ser guía de posicionamiento para la posterior captura de los aditamentos provisionales.



Fig 29. Diseño terminado de las prótesis provisionales con guías de asentamiento

Se realizó la impresión de las prótesis provisionales con una orientación de 0 grados, con los soportes colocados en las caras oclusales, se utilizó resina para impresión 3D Power Resins Temp Color A2 (Power Resins, Turkey) previamente calibrada para su exactitud dimensional, en una impresora 3D con tecnología DPP (Daylight Polymer Printing) Sonic Mini 4K S (Phrozen Tech Co. LTD., Taiwan),

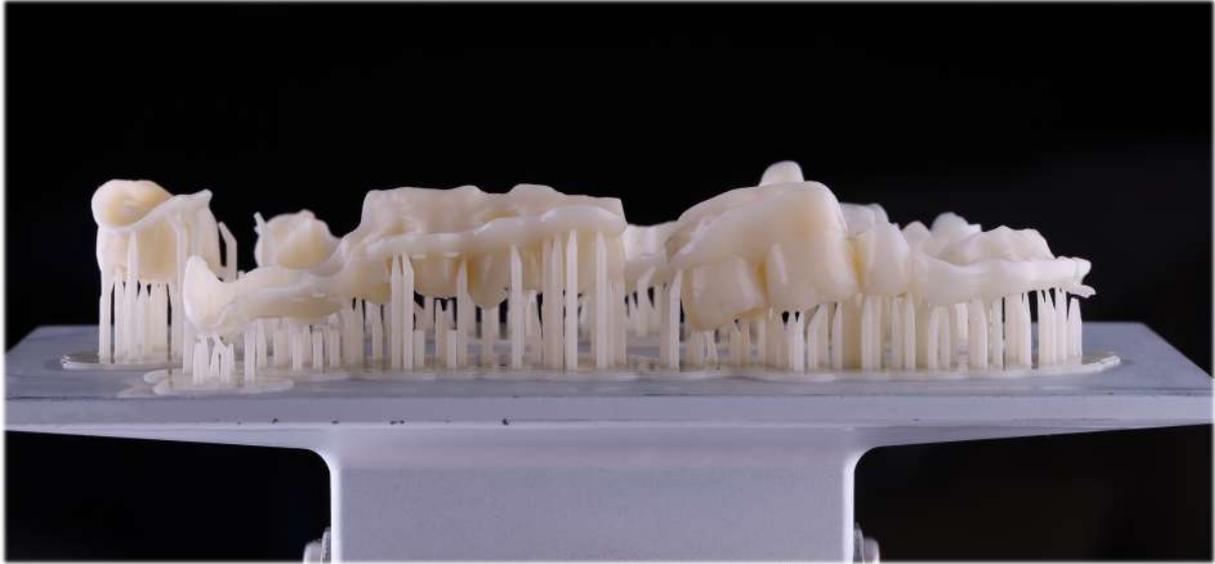


Fig 30. Impresión de prótesis provisionales

Posterior a la impresión se realizó el post-procesado de las prótesis, se colocaron en alcohol isopropílico por 5 minutos en una maquina Anycubic Wash and Cure 2.0

(Anycubic, Shenzhen, China) para su lavado, seguido de un proceso de secado y polimerizado por 20 minutos en el mismo equipo.

Una vez terminadas las prótesis provisionales se llevó a cabo su colocación en boca para comprobar un adecuado sellado en el caso de los provisionales sobre dientes y su correcto asentamiento en el caso de los implantes.

Verificado el correcto ajuste de las prótesis, se realizó la captura de las prótesis sobre implantes con acrílico autocurable Jet (Lang Dental Mfg. Co., Inc. USA)

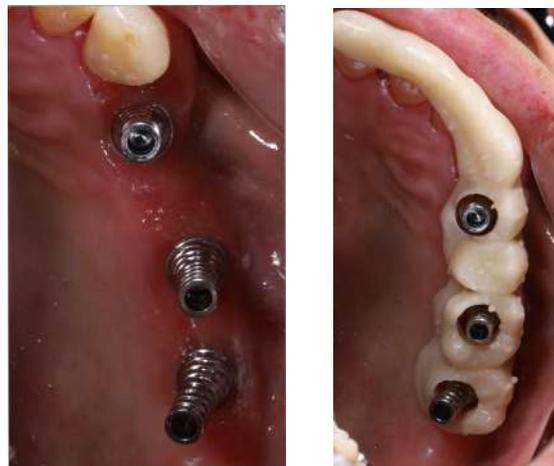


Fig 31. Captura de prótesis provisionales sobre aditamentos temporales de titanio

Se efectuó el retiro de los attaches de asentamiento de las prótesis sobre implantes para su posterior acondicionamiento de perfiles de emergencia, ajuste oclusal y pulido al alto brillo.

En sector anterior de ambas arcadas se colocó el prototipo con resina bis acrílica Pro-Temp 4 (3M Espe, USA) adherido a los órganos dentarios sin desgaste.





RESULTADOS

Los dos flujos de trabajo presentados arrojaron resultados favorables en la colocación de las prótesis provisionales. No obstante, es importante señalar las diferencias observadas. En términos de eficacia, tiempo dedicado, satisfacción del paciente y las complicaciones que surgieron en cada caso, el flujo digital tuvo un mejor desempeño y capacidad para poder abordar las dificultades que se presentaron, así mismo mostró tener una alta predictibilidad al tener un menor número de discrepancias una vez que se colocó en boca.

Por otro lado el flujo analógico necesitó de un mayor número de pasos y correcciones una vez que se colocaron las prótesis provisionales, la complicación principal fue la distorsión oclusal que necesitó de ajustes para poder obtener en balance correcto y semejante a la información que se tenía en el encerado diagnóstico.

En términos de satisfacción de la paciente, refirió sentirse más cómoda con los provisionales del flujo digital y los describió como sus dientes “ideales” en relación al tamaño, forma y apariencia en general.



Fig 32. Prótesis Provisionales impresas terminadas con prototipo en sector anterior superior e inferior.

DISCUSIÓN

La colocación de prótesis provisionales en rehabilitaciones combinadas es un paso crucial, y puede ser un desafío, especialmente cuando se trata de pacientes desdentados parciales con implantes. Se requiere un diagnóstico y planificación precisos para la creación de un prototipo inicial. Sin embargo, en situaciones como el caso presentado, donde la paciente ya cuenta con implantes, complica tanto la planificación del tratamiento como la elaboración del encerado diagnóstico.

En la toma de modelos y relaciones craneomandibulares, se demostró que en la mayoría de los aspectos, el flujo digital es superior. Joda y Stevens señalan que el uso de un escáner intraoral para la obtención de modelos iniciales y de trabajo reduce el tiempo en la silla dental y mejora la satisfacción tanto del paciente como del clínico.(13)(14) Sin embargo, es importante destacar que, al igual que en un flujo analógico, el uso de un escáner intraoral no está exento de errores o discrepancias. Para obtener datos de manera correcta, es fundamental conocer las características del dispositivo y seguir las pautas y el orden de escaneo adecuados. La literatura resalta que la exactitud es el factor más crítico para evaluar la calidad de un escáner intraoral, que, a su vez, se compone de veracidad y precisión (15).

Revilla-León y colaboradores describen los factores que influyen en la exactitud de los escáneres intraorales. Entre los factores del operador, la calibración, la extensión y el patrón de escaneo son de suma importancia. En cuanto a los factores del paciente, las áreas desdentadas y la presencia de implantes son elementos cruciales, especialmente en este caso clínico. (16)(17)

La calibración se realizó siguiendo los parámetros recomendados por la literatura, aunque se sugiere seguir las indicaciones de cada escáner, realizarla de manera diaria o después de cierto número de adquisiciones en el día mejora la exactitud de los datos.(18) En cuanto al patrón de escaneo, se respetó el orden sugerido por el software y la obtención de datos se hizo en una sola intención por malla, evitando de esta manera reescanear o sobreponer imágenes para prevenir una distorsión en estas. (19)

Una de las complicaciones encontradas en la obtención de los escaneos intraorales fueron las brechas edéntulas posteriores en ambas arcadas. Aunque diferentes estudios, como el de Patzelt y colaboradores, han demostrado que los escáneres intraorales pueden reproducir tejidos blandos fijos de la misma manera que una impresión analógica, la obtención de tejidos móviles es difícil, independientemente del escáner intraoral a usar (17)(20). Dicho esto, en el flujo de trabajo analógico resultó sencillo obtener estas zonas sin problema, mientras que en el flujo digital, fue necesario repetir el escaneo específicamente en la arcada mandibular debido a que la malla inicial se distorsionó y los datos obtenidos no tenían una adecuada exactitud.

Para la obtención de registros oclusales, es relevante mencionar que el flujo analógico tuvo la desventaja de requerir un mayor número de pasos, esto debido a que una vez obtenidos, se realizó el montaje en el articulador, lo que implicó el uso de materiales adicionales como yeso, así como un correcto manejo de estos para evitar una expansión que alterara la posición originalmente registrada.

En el flujo digital, el montaje de modelos se hizo de manera automática en el momento de la toma de registro oclusal, sin embargo, hay evidencia de una posible discrepancia en los registros oclusales si no se realiza la toma de manera adecuada. Se menciona que existe el riesgo de generar colisiones oclusales, es decir, generar interpenetraciones entre ambas arcadas.(21) Revilla-León en 2023 menciona que las colisiones oclusales son causadas por la discrepancia en la ubicación de los dientes que resulta de la plasticidad del ligamento periodontal entre la toma de los escaneos intraorales y los registros oclusales virtuales, así como de la distorsión en los procedimientos de alineación.(22) Para evitar estos errores, se han desarrollado herramientas dentro de algunos programas de escaneo con la finalidad de evitar la aparición de estas colisiones oclusales. En este caso clínico, el programa Medit Scan for Clinics tiene la opción "occlusal alignment optimization," la cual evitó estas discrepancias.

En la elaboración del encerado diagnóstico, ambos flujos de trabajo mostraron ser favorables. No obstante, una de las diferencias principales fue el tiempo requerido en cada uno de ellos. Sabemos que un encerado analógico requiere del uso de cera y herramientas manuales para poder ir creando la morfología de cada uno de los dientes. Aun teniendo toda la información montada de manera correcta en un

articulador, no tener presente las referencias faciales de manera directa tiende a generar discrepancias que pueden requerir un mayor número de citas para su corrección. Shepperson en 2023 menciona que el mantener calibrados los grosores, ya sea aditivos o substractivos en un encerado analógico, no pueden ser controlados en su totalidad. En el caso específico de un prototipo substractivo, la única manera de visualizarlo en boca es a través de un desgaste previo a la colocación de un mock up o prótesis provisionales, disminuyendo en gran medida la predictibilidad del tratamiento (23). En la elaboración del prototipo de manera analógica, la gran limitante que se tuvo fue el tiempo necesario para su elaboración, así como complicaciones técnicas, específicamente el desprendimiento de la cera al duplicar el modelo para la fabricación de llaves de silicona.

El diseño de un encerado diagnóstico de manera digital puede solucionar ampliamente las dificultades ya mencionadas. La unificación y empalme de todos los datos obtenidos a través de un escaneo intraoral, así como fotografías extraorales, tomografía e incluso la posibilidad de tomar un escaneo facial convierten este paso en una planificación asistida por el paciente de manera virtual.(24) Tener todas estas referencias unificadas facilita la elaboración del prototipo, al igual que poder visualizar y controlar los grosores tanto aditivos como sustractivos del diseño. Sin embargo, la desventaja principal es la necesidad de tener el equipo y programas para llevarlo a cabo. El costo para adquirirlos puede llegar a ser elevado y requiere una curva de aprendizaje para optimizar estas herramientas.

La comparativa de los dos flujos de trabajo para la fabricación de las prótesis provisionales se eligió pensando en dos métodos que fueran viables de realizar en el menor número de citas posibles y utilizar el mismo tipo de aditamentos provisionales de titanio con respecto a los implantes.

El propósito de esta elección fue poder contar con un método directo en un flujo analógico, donde se pudieran llevar a cabo las prótesis provisionales en la misma cita, sin necesidad de un procedimiento previo en el laboratorio. En el caso de los implantes, esto evitaba la toma de impresiones para su fabricación de manera indirecta.

En el flujo digital, se optó por la fabricación aditiva a través de la impresión 3D del prototipo provisional para su colocación en una sola cita. En lo que respecta a los implantes, se diseñaron las prótesis con unos attaches que permitieran asegurar la posición originalmente planeada en el encerado diagnóstico y que, a su vez, tuvieran orificios en el lugar exacto de las emergencias de los implantes presentes. Esto se hizo con la finalidad de realizar la captura de los aditamentos provisionales de titanio en boca. (25)

Los resultados mostraron diferencias relevantes. En el flujo analógico, se requirieron más ajustes, tanto en el sellado, el perfil de emergencia en el caso de los implantes como en la oclusión. Estas discrepancias generalmente se relacionan con la cantidad de pasos previos, el montaje de modelos en el articulador y el uso de acetato para las provisionales, lo que puede dar lugar a pequeñas distorsiones que se reflejan en el ajuste de las prótesis provisionales. Sin embargo, al no requerir procedimientos de laboratorio previos a la técnica, este enfoque resulta sencillo de ejecutar, a pesar de que implica un mayor tiempo invertido en la silla dental realizando ajustes.

En cuanto al flujo digital, tanto la colocación como la captura de las prótesis provisionales, así como los ajustes realizados, requirieron menos tiempo en comparación con el flujo analógico. Esto se debe a que, antes del procedimiento clínico, se invirtió tiempo en el diseño y la impresión 3D del prototipo.

En relación a la durabilidad de las prótesis provisionales impresas en 3D en comparación con el uso de acrílico auto o termocurable, Tahayeri en 2018 comparó las propiedades físico-mecánicas de restauraciones provisionales generadas con una impresora 3D de tecnología SLA (Sterolithography) con restauraciones temporales de acrílico autocurables. Los resultados demostraron que el módulo de elasticidad de ambos materiales es similar, lo que lleva a la conclusión de que las restauraciones provisionales fabricadas con impresión 3D tienen características físico-mecánicas adecuadas para su aplicación en la cavidad oral. (26)

Karasan y colaboradores en 2021 llevaron a cabo una comparación de prótesis provisionales de 3 unidades realizadas con 3 diferentes métodos: impresión 3D con tecnología SLA y DLP (Direct Light Processing), fresadas y fabricación directa con acrílico autocurable. En términos de exactitud, la impresión 3D demostró ser una

alternativa válida en comparación con las restauraciones fresadas, y se agregó que podría considerarse un método replicable con alta predictibilidad.(9)

Se han reportado varios factores que influyen en la calidad de la impresión 3D de restauraciones provisionales y definitivas en relación a la exactitud dimensional y propiedades físico-mecánicas, siendo las más relevantes el tipo de impresora 3D y la orientación con la que se imprimen las restauraciones. La mayoría de los estudios comparan impresoras con tecnología SLA y DLP, sin embargo, existen pocas publicaciones sobre el uso de impresoras DPP (Daylight Polymer Printer), también conocidas como LCD. (27) En el reporte de caso presentado se utilizó una impresora DPP, que tiene como ventaja principal un menor costo en comparación con tecnologías SLA o DLP. (28)

Martin en 2022 comparó tres diferentes orientaciones de impresión para coronas provisionales sobre implantes a 0, 45 y 90 grados, demostrando que la angulación influye de manera significativa en la rugosidad de la superficie externa de estas. (29) Esto es relevante ya que una restauración provisional debe tener una superficie altamente pulida para evitar cambios de color, disminución de sus propiedades físico-mecánicas y prevenir la inflamación de los tejidos blandos en el caso de pónicos o prótesis sobre implantes.

Múltiples estudios in vitro demuestran una relación directa entre la orientación de impresión 3D con diferentes propiedades. Revilla-León en 2023 menciona que la impresión a 0 grados afecta de manera significativa el ajuste en férulas oclusales. (30) En otro estudio del mismo año, se demuestra que con esta misma orientación de impresión, pero en coronas definitivas de resina-cerámica, se obtienen los mejores valores en cuanto a veracidad y precisión de la parte interna de estas. Maneiro en 2023 concluye que una orientación de 22.5 grados en la impresión de modelos de estudio logra obtener una exactitud dimensional elevada en comparación con otras angulaciones. (27)

Una de las limitantes es la falta de estudios clínicos que demuestren la tasa de éxito a mediano y largo plazo con diferentes aplicaciones de la manufacturación aditiva.

La rehabilitación oral moderna se basa en la combinación de técnicas restauradoras y el uso de tecnologías digitales para respaldar el diseño y fabricación de estructuras protésicas. En la situación clínica descrita, se realizó la comparación de dos flujos de trabajo, desde el inicio del tratamiento hasta la colocación de un prototipo funcional, mediante dos técnicas que pueden ser aplicadas en diferentes escenarios clínicos.

CONCLUSIONES

Tanto el flujo analógico como el flujo digital son opciones factibles para el desarrollo y resolución de rehabilitaciones orales complejas.

La replicación de la información en el flujo de trabajo analógico está sujeta a mayor número de pasos que pueden resultar en complicaciones.

La elaboración de un prototipo y provisionales en una rehabilitación compleja resulta ser más eficaz y predecible en un flujo de trabajo digital, minimizando errores y tiempo invertido.

El flujo digital resulta ser más costoso respecto a la inversión y a la adquisición de equipo y materiales, lo cual es una limitante para el odontólogo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kim S hun, Watts DC. Exotherm behavior of the polymer-based provisional crown and fixed partial denture materials. *Dent Mater.* 2004;20(4):383–7.
2. Jamani KD, Fayyad MA. A technique for fabrication of a provisional fixed partial denture for nonparallel abutments. *J Prosthet Dent.* 2004;92(6):584–7.
3. Mizrahi B. Provisional Restorations as a Guide to Complex Treatment of the Anterior Dentition. *Qdt.* 2003;151–60.
4. Proussaefs P. The use of healing abutments for the fabrication of cement-retained, implant-supported provisional prostheses. *J Prosthet Dent.* 2002;87(3):333–5.
5. Ganddini MR, Tallents RH, Ercoli C, Ganddini R. Technique for fabricating a cement-retained single-unit implant-supported provisional restoration in the esthetic zone. *J Prosthet Dent.* 2005;94(3):296–8.
6. Kochanowski M, Barankiewicz A, Sadowska P, Dejak B. Digital planning protocol for functional and esthetic prosthetic treatment Protokoll der digitalen Planung für eine funktionell-ästhetische prothetische Behandlung. 2023;26(1):61–73.
7. Rotar RN, Jivanescu A, Ille C, Podariu AC, Jumanca DE, Matchescu AM, et al. Trueness and Precision of Two Intraoral Scanners: A Comparative in Vitro Study. *Scanning.* 2019;2019:1–15.
8. Tost-pardell D, Pazzi S, Puricelli S, Bernini S. CEREC CAD/CAM chairside system. 2009;1–6.
9. Karasan D, Legaz J, Boitelle P, Mojon P, Fehmer V, Sailer I. Accuracy of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses. *J Prosthodont.* 2022;31:58–69.
10. Alageel O, Alsadon O, Almansour H, Alshehri A, Alhabbad F, Alsarani M. Assessment of effect of accelerated aging on interim fixed dental materials using digital technologies. *J Adv Prosthodont.* 2022;14(6):360–8.
11. Gracis AS, Rasperini G, Paul S. RECOMMENDATIONS EAED patient examination recommendations for interdisciplinary treatment planning. 2018;13–5.
12. Flavio A. THE ESTHETIC JIG: An Original Dental Appliance for Esthetic Rehabilitation of Occlusal Vertical Dimension. *J Cosmet Dent [Internet].* 2019;34(4):46–58. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=136213188&site=ehost-live>
13. Joda T, Katsoulis J, Brägger U. Clinical Fitting and Adjustment Time for Implant-Supported Crowns Comparing Digital and Conventional Workflows. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(5):946–54.
14. Stevens CD. Impression-making in 2020: How long before analog methods are obsolete? *Compend Contin Educ Dent.* 2020;41(3):178–9.
15. Mehl A, Reich S, Beuer F, Güth J-F. Accuracy, trueness, and precision - a guideline for the evaluation of these basic values in digital dentistry. *Int J Comput Dent [Internet].* 2021;24(4):341–52. Available from:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34931770>
16. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35(1):230–40.
 17. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2—Patient factors. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35(1):241–9.
 18. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Pérez-Barquero JA, Att W, et al. Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2022;1–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.012>
 19. Revilla-León M, Sicilia E, Agustín-Panadero R, Gómez-Polo M, Kois JC. Clinical evaluation of the effects of cutting off, overlapping, and rescanning procedures on intraoral scanning accuracy. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2022;1–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.10.017>
 20. Patzelt SBM, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws Sebastian B.M. Patzelt, Sebastian Vonau, Susanne Stampf and Wael Att. 2013;144(8):914–20.
 21. Xia JJ, Chang YB, Gateno J, Xiong Z, Zhou X. Automated digital dental articulation. *Lect Notes Comput Sci (including Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinformatics)*. 2010;6363 LNCS(PART 3):278–86.
 22. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Barmak AB, Kois JC, Yilmaz B, Alonso Pérez-Barquero J. Influence of occlusal collision corrections completed by two intraoral scanners or a dental design program on the accuracy of the maxillomandibular relationship. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2023;1–13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.05.015>
 23. Shepperson A. The Digital Aesthetic Test Drive. *Prim Dent J*. 2023;12(2):46–56.
 24. Li J, Joda T, Revilla-León M, Saleh MHA, Chen Z, Wang HL. Recommendations for successful virtual patient-assisted esthetic implant rehabilitation: A guide for optimal function and clinical efficiency. *J Esthet Restor Dent*. 2023;(September):1–11.
 25. Liu C, Hu N, Gao J, Yu H. Digitally predesigned positioning tray and custom restoration shell for immediate implantation prosthesis: a digital workflow. *Int J Comput Dent*. 2021;24(3):293–302.
 26. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater [Internet]*. 2017;34(2):192–200. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>
 27. Maneiro Lojo J, Alonso Pérez-Barquero J, García-Sala Bonmatí F, Agustín-Panadero R, Yilmaz B, Revilla-León M. Influence of print orientation on the accuracy (trueness and precision) of diagnostic casts manufactured with a daylight polymer printer. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2023;1–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.01.033>
 28. Daher R, Ardu S, di Bella E, Krejci I, Duc O. Efficiency of 3D-printed composite resin restorations compared with subtractive materials: Evaluation of fatigue behavior, cost, and time of production. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2022;1–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.08.001>
 29. Ortega NM, Revilla-León M, Ortega R, Gómez-Polo C, Barmak AB, Gómez-Polo M. Comparison of surface roughness of additively manufactured implant-

- supported interim crowns fabricated with different print orientations. *J Prosthodont.* 2023;(September 2022):1–8.
30. Revilla-León M, Cascos-Sánchez R, Zeitler JM, Barmak AB, Kois JC, Gómez-Polo M. Influence of print orientation and wet-dry storage time on the intaglio accuracy of additively manufactured occlusal devices. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2023;1–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.12.005>