



**PROPIEDADES DE LOS PROVISORIOS SOBRE IMPLANTES  
CONFECCIONADOS CON TÉCNICA DIGITAL Y ANALÓGICA.**

Trabajo de Investigación requisito  
para optar al Título de Especialista  
en Implantología Buco MaxiloFacial

Residentes: Fabrizio Marcotti  
Gustavo Ossa  
Felipe Puelma

Docente Guía: Dr. Cristian Gisseleire

Valparaíso – Chile  
2022

## **AGRADECIMIENTOS**

Vogliamo solo ringraziare la pazienza delle nostre famiglie con noi.

## ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Marco teórico</b>	<b>3</b>
<b>Pregunta</b>	<b>16</b>
<b>Objetivos</b>	<b>16</b>
<b>Materiales y Métodos</b>	<b>17</b>
<b>Resultados</b>	<b>21</b>
<b>Discusión</b>	<b>31</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>42</b>
<b>Sugerencias</b>	<b>43</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>44</b>

## RESUMEN

**Propósito:** El propósito de este trabajo de investigación fue realizar una revisión de la literatura para comparar las propiedades físicas, biológicas y químicas de los provisionales sobre implantes confeccionados con técnica digital y técnica analógica. La irrupción de las tecnologías digitales ha revolucionado distintos campos de la odontología, lo que se ha traducido en una simplificación de los procesos analógicos. Sin embargo, no hay mucha evidencia del comportamiento de los provisionales desarrollados con estas técnicas, ni comparaciones con los confeccionados de manera analógica.

**Materiales y métodos:** Siguiendo el concepto PICO, se le asignaron términos MESH y libres a los dos primeros dominios (P. I). Se realizó una búsqueda general en las bases de datos PUBMED, SCOPUS y WOS. Tres revisores descartaron artículos duplicados y/o no pertinentes.

**Resultados:** Una vez realizadas las llaves se encontró un total de 245 artículos en PUBMED, 739 artículos en SCOPUS y 129 en WOS. Tres revisores seleccionaron 33 artículos.

**Palabras clave:** Restauración temporal, Implantes dentales, Restauración provisional.

## **ABSTRACT**

**Purpose:** The purpose of this study was to review the current literature comparing the physical, biological, and chemical properties of provisionals on implants made with digital techniques and analogue techniques. The advent of new and digital technologies has revolutionized different fields of dentistry, which has resulted in a simplification of analog processes. However, there is not much evidence of the behavior of interim restorations developed with these techniques, nor comparisons with those made in an analogical way.

**Materials and methods:** Following the PICO concept, MESH and free terms were assigned to the first two domains (P.I). A general search was performed in 3 databases (PUBMED, SCOPUS and WOS. Three reviewers discarded duplicate and / or irrelevant articles.

**Results:** A total of 245 articles were found in PUBMED, 739 articles in SCOPUS and 129 in WOS. Three reviewers selected 33 articles.

**Key Words:** Temporary Restoration, Dental implants, Provisional restoration.

## INTRODUCCIÓN

La provisionalización es una etapa fundamental de las rehabilitaciones orales sobre implantes y/o dientes que recibirán restauraciones indirectas. Debido a que permite no solo mantener la biología, estética y oclusión a la espera de la restauración definitiva, sino además evaluar y verificar *in situ* la planificación previa, realizar ajustes o reestructuraciones que se traducirán en mejoras del desempeño funcional, biológico y estético de la rehabilitación final. (1-4)

La técnica de fabricación manual directa o flujo analógico es el método de confección más utilizado, por su adecuada *performance* costo/beneficio. (1-3) Sin embargo, las técnicas manuales se caracterizan por una dependencia en la curva de aprendizaje del operador, tiempos mayores para la fabricación, poca estabilidad de color e incierto porcentaje de conversión del monómero resultando en mayor cantidad de monómero residual. (4-6)

Nuevas tecnologías han tratado de mejorar los procesos de fabricación de provisorios, (7-9) estas técnicas o flujo digital se pueden clasificar, en técnicas sustractivas (CC) y aditivas (AM), siendo las técnicas aditivas aquellas asociadas a materiales de impresión 3D y a diferentes sistemas de postpolimerización, los que podrían repercutir directamente en sus propiedades. (1, 2, 5-7) Mientras que las técnicas sustractivas (CC) se basan en un flujo digital que permite el fresado de discos y/o bloques de materiales polímeros, los cuales son polimerizados en condiciones industriales. (7, 10)

Existe una escasez de información sobre el desempeño de los provisionales realizados con ambos flujos de trabajo. (2, 7) Además, el hecho que la precisión de la restauración provisional Analógica varía según la competencia técnica del operador, se refleja en pocos estudios comparando ambos flujos de trabajo. (1, 5) Por otra parte, existe una gran heterogeneidad en las propiedades físicas (1-4, 7, 8), biológicas (9, 10) y químicas (5, 9) estudiadas, siendo las propiedades mecánicas las más citadas. (1-3, 5, 11, 12)

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue realizar una revisión crítica de la literatura sobre provisionalización en implantes con técnica digital y técnica analógica, con el fin de comparar sus propiedades físicas, biológicas y químicas.

## MARCO TEÓRICO

Dentro de la odontología rehabilitadora la fase de provisionalización es una etapa de gran importancia. (1-3) Un provisorio se puede definir como una prótesis de duración temporal que es utilizada durante el tiempo necesario hasta confeccionar la rehabilitación protésica definitiva. (3)

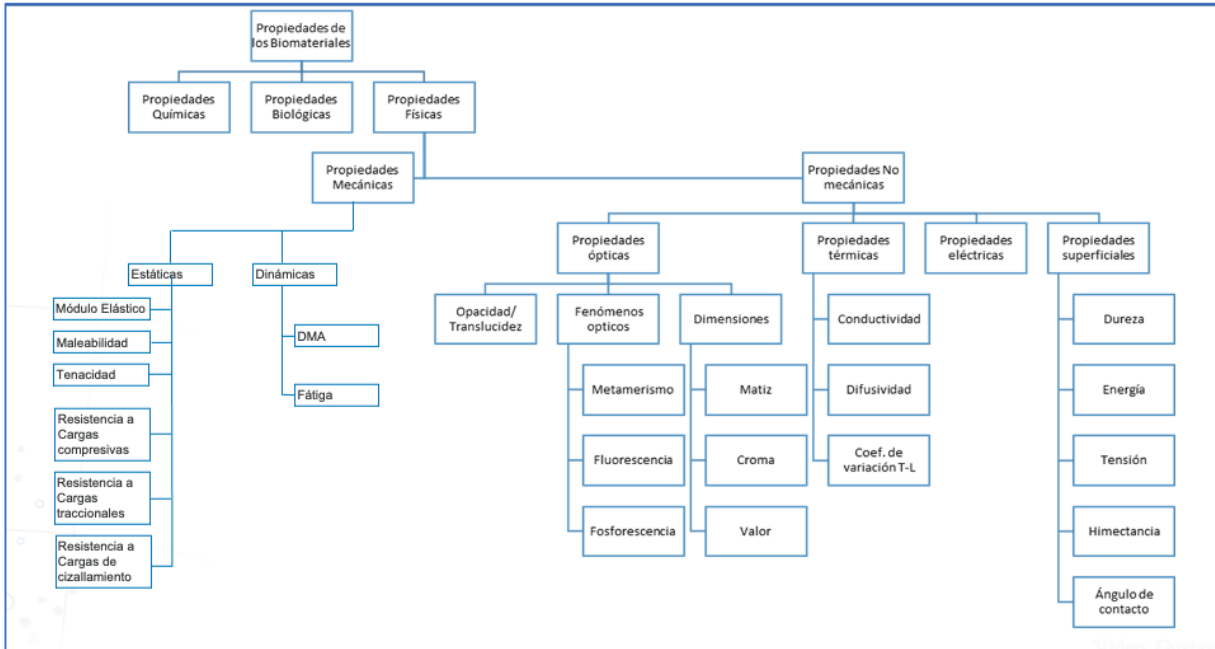
El provisorio cumple funciones muy variadas: permite la restitución de la forma y función del o los dientes perdidos, entrega una protección a las preparaciones dentarias o implantes, permite un adecuado manejo de tejidos blandos (donde se destaca el manejo del perfil de emergencia dentro de la Implantología), sirve como elemento de diagnóstico funcionales y estéticos para lograr un resultado óptimo del tratamiento antes de la finalización de la rehabilitación. (1-5,17) También incluso puede proporcionar una herramienta importante para el manejo psicológico de los pacientes. (3)

Para poder lograr todas estas funciones, los requisitos principales de los materiales para realizar provisorios incluyen: tiempo de trabajo adecuado, facilidad de mezcla y reparación, biocompatibilidad con la pulpa y los tejidos blandos, estabilidad dimensional, estabilidad del color, adecuadas propiedades mecánicas, tales como resistencia flexural, microdureza, etc., en particular cuando el paciente debe usar la restauración provisional durante un período prolongado. (1-5)

Para comprender estos requisitos se hace clave entender las propiedades de los materiales.

### **Propiedades de los materiales:**

Tradicionalmente las propiedades de los materiales se clasifican en químicas, físicas o biológicas según la naturaleza del agente o la reacción generada en los tejidos como es en el caso de las propiedades biológicas, tal como lo observamos en la figura 1.



**Figura 1: Esquema de las propiedades físicas, biológicas y químicas extraído de la cátedra de materiales dentales U.V**

**Propiedades físicas:** son las más estudiadas, dependiendo si son sometidas a fuerzas (energía mecánica) o no, se suelen dividir en dos grandes familias: propiedades físicas mecánicas y propiedades físicas no mecánicas. (1-4, 7, 8, 49-51)

**Propiedades mecánicas:** Se ocupan del estudio del comportamiento de la estructura interna de la materia, que al ser sometidas a fuerzas -sean dinámicas o estáticas- inducen una deformación en el material que genera una tensión que se opone a fuerzas externas. (1-3, 5, 11, 12, 45, 49-51)

La resistencia es la tensión máxima que un material puede soportar. La resistencia o tensión es la resultante entre la fuerza ejercida dividida por la superficie, su unidad es el Pascal (Pa) = Newton/ metro cuadrado y en Odontología se utiliza más su múltiplo el Megapascal (Mpa), que es 1 millón de veces mayor. (1-3, 5, 11, 12, 49-51)

Si las fuerzas externas son de igual dirección y sentido contrario que buscan acercar sus puntos de aplicación, se conocen como fuerzas compresivas y la tensión máxima será la resistencia compresiva. Por el contrario, si las fuerzas externas son de

igual dirección, sentido contrario, pero buscan estirar el objeto, se conocen como fuerzas traccionales y la tensión máxima será la resistencia traccional. A su vez, cuando este tipo de fuerzas actúan en direcciones próximas de sentido contrario en puntos de aplicación paralelos, se conocen como fuerzas tangenciales o de corte, siendo la tensión máxima la resistencia al corte o tangencial. (1-3, 5, 11, 12, 49-51)

Cuando se realiza un test bajo cargas flexurales, es decir aquellas que producen una deflexión, podemos observar según la zona, tensiones compresivas, traccionales y de corte. La ruptura constituye la determinación de la resistencia flexural. (1-3, 5, 11, 12, 49-51)

La deformación es la modificación de la longitud producida ante una fuerza, al no poseer unidad ya que indica cantidad de deformación por unidad de longitud, se suele describir como deformación porcentual, por ejemplo: 0,05 equivale a un 5% de deformación. (1-3, 5, 11, 12, 49-51)

La relación entre la tensión y la deformación es el ensayo mecánico, siendo su representación el gráfico de tensión/deformación, del cual se pueden obtener las siguientes propiedades:

Módulo elástico (ME): Relación (Cociente) entre la tensión igual o inferior al Limite proporcional y la deformación producida por esa tensión, mientras mayor tensión sea necesaria y menos deformación hablamos de un material más rígido, mientras lo contrario sería un material más flexible. (49-51)

Resiliencia: Es la capacidad de un material de almacenar energía cuando el material se deforma elásticamente. (49-51)

Tenacidad: Es la capacidad de un material para deformarse permanentemente sin fracturarse. (49-51)

Fragilidad: Es la capacidad de un material de fracturarse con escasa deformación permanente. (49-51)

**Propiedades físicas no mecánicas:** Se pueden subdividir en propiedades ópticas, las propiedades eléctricas, las propiedades térmicas y las propiedades superficiales.

*Propiedades ópticas:* Es interesante resaltar que el ojo humano es capaz de percibir luz electromagnética (luz) solamente entre los 400-700 nm y el color tiene 3 dimensiones: Matiz, croma y valor. Siendo las siguientes propiedades destacadas, conocidas como fenómenos ópticos:

Metamerismo: Es la capacidad de un color de visualizarse de forma diferente, cambiando la fuente de luz. (49-51)

Fluorescencia: Es la capacidad de transformar los rayos UV en rayos de onda mayores a 400nm dentro la banda del color azul, lo cual las hace visibles manteniéndose hasta que termina la estimulación lumínica. (49-51)

Fosforescencia: Es la capacidad de un objeto de reflejar luz posterior al estímulo de luz. (49-51)

*Propiedades térmicas:* se relacionan con la conductividad térmica, que se define como la capacidad de transmitir calor de un cuerpo cuando se calienta por un extremo, existiendo materiales conductores y aislantes. La expansión térmica sucede cuando hay un cambio volumétrico relacionado con un cambio en la temperatura y es reversible una vez que se vuelve a la temperatura anterior. El coeficiente de variación térmico lineal es la variación volumétrica que sufre un objeto durante su calentamiento y enfriamiento. (49-51)

*Propiedades superficiales:* Dentro de las cuales se destacan.

Dureza superficial: Se define como la resistencia a ser rayado o penetrado. Se mide con indentadores o penetrómetros, siendo los más usuales: Indentador Vickers, diamante piramidal de base cuadrada, sirve para materiales frágiles y Indentador Knoop, penetrador forma romboidal. (49-51)

Energía superficial: Es una característica de un material sólido, donde las cargas eléctricas no están compensadas superficialmente, lo que determina un potencial de

atracción a otras materias, es la energía electroestática de un sólido, permitiendo la potencialidad de atracción. (49-51)

Tensión superficial: Es la atracción de moléculas internas de un líquido desde las que se encuentran en su superficie, en otras palabras, es la fuerza de cohesión de las uniones sobrantes de un líquido. (49-51)

Con respecto a las propiedades relacionadas con la interfase diente/restauración, se pueden definir:

Ajuste marginal: La brecha marginal o gap se define como la medida perpendicular de la superficie marginal de la restauración a la pared axial de la preparación. Pudiéndose subdiferenciar: el ajuste interno, el ajuste marginal (externo) y los ajustes verticales y horizontales. (49-51)

Microinfiltración: Se define como el paso de líquido entre la interfase diente/restauración a una temperatura constante. (49-51)

Percolación: Se define como el paso de líquido entre la interfase diente/restauración a temperatura variable, por medio de diferencias entre coeficientes térmico lineal. (49-51)

**Propiedades químicas:** Están relacionadas con la reacción del material hacia agentes químicos, en el ámbito odontológico se relaciona con fluidos biológicos, pero principalmente con la dieta, siendo las propiedades más comunes las siguientes:

Disolución: Propiedad de los materiales orgánicos de alto peso molecular de ser disueltos por alcohol y otros solventes orgánicos, se espera que un material sea inerte en la saliva. (5, 9, 41-44, 49-51)

Sorción: Se refiere a la penetración de moléculas de agua integrándose a la estructura del material aumentando su volumen. Mientras la absorción involucra a la penetración del agua a la parte más interna, la adsorción es un fenómeno que ocurre solo en las capas superficiales. (5, 9, 21, 41-44, 49-51)

Pigmentación: Es un depósito superficial de compuestos externos, que no altera estructuralmente al material. (5, 9, 41-44, 49-51)

Corrosión (Biocorrosión o Solubilidad química): Es la reacción del material sometido al ataque y solubilización en ácidos. (5, 9, 41-44, 49-51)

Solubilidad: Se refiere a la cantidad máxima (gr) de un sólido, que puede separarse en sus componentes básicos en una determinada cantidad de solvente. (5, 9, 41-44, 49-51)

**Propiedades biológicas:** Están íntimamente ligadas con la biocompatibilidad de un material que será utilizado en la cavidad oral, es decir si promueve o no una respuesta biológica y esta dependerá su composición, ubicación e interacciones en la cavidad bucal, estas respuestas van desde no generar ninguna respuesta, como sería un material bioinerte o inducir reacciones específicas como sería un material bioactivo. (9,10, 49-51)

Para finalizar las propiedades biológicas están relacionadas con las reacciones de toxicidad y alérgicas de un material, por ejemplo: los materiales de bajo peso molecular como los monómeros son capaces de generar reacciones alérgicas (dermatitis) al estar en contacto con la piel. (9,10, 49-51)

### **Materiales utilizados:**

A lo largo de la historia los materiales más utilizados para la confección de los provisorios se encuentran las resinas acrílicas, las cuales derivan del etileno y contienen un grupo vinilo. Dentro de ellas podemos encontrar las que son derivadas del ácido acrílico y del ácido metacrílico. A pesar de que las resinas son duras y transparentes, su polaridad, derivada del grupo carboxilo permite la absorción de agua, lo que genera separación de las cadenas, ablandándolas y haciendo que pierdan resistencia. Los grupos ésteres de estos poliácidos tienen gran importancia también, ya que dependiendo de si es orgánico o inorgánico se pueden formar miles de resinas acrílicas distintas. (49-51)

**Metilmetacrilato y Polimetilmetacrilato (PMMA):** El monómero de metilmetacrilato líquido se mezcla con el polímero en polvo. El monómero se disuelve parcialmente en el polímero y forma una masa plástica. Las condiciones para la polimerización del

metilmetacrilato no son críticas, siempre y cuando el proceso no se lleve a cabo muy rápido. (49-51)

El grado de polimerización va a depender de las condiciones en que se lleve a cabo la polimerización, como la temperatura, método de activación, tipo de iniciador, concentración del iniciador, pureza de los elementos químicos, entre otros. Durante la polimerización del monómero de metilmetacrilato puro, su volumen se reduce en un 21%. (49-51)

El PMMA es una resina transparente de gran claridad. Es una resina dura, con un número de dureza de Knopp de entre 18 y 20. Tiene una resistencia a la tracción de 60 Mpa, una densidad de 1,19 g/cm<sup>3</sup> y un módulo de elasticidad de alrededor de 2,4 Gpa. (49-51)

Es un polímero muy estable que no se decolora con la luz ultravioleta y presenta buenas propiedades de envejecimiento. Al igual que todas las resinas acrílicas el PMMA tiende a absorber agua a través de un proceso de imbibición. Su estructura no cristalina posee mucha energía interna, es por ello que se produce la difusión molecular a través de la resina. El PMMA es un polímero lineal, por lo que es soluble en muchos solventes orgánicos como el cloroformo y la acetona. (49-51)

***Metacrilato y resinas bis-acrílicas multifuncionales:*** La estructura principal de la molécula formada en este sistema puede tener cualquier morfología, aunque los grupos metacrilatos se encuentren en los extremos de la cadena o en los extremos de las cadenas ramificadas. (49-51)

Uno de los primeros metacrilatos multifuncionales en ser ocupados en odontología fue el Bis-GMA, que es sintetizado a partir de una resina epóxica y de metilmetacrilato. Es extremadamente viscoso, por lo que para reducir esta propiedad se le mezcla con un dimetacrilato poco viscoso como el TEGDMA. (49-51)

Al tener un núcleo central rígido formado por dos grupos aromáticos, los grupos de moléculas de Bis-GMA pueden verse imposibilitados de rotar y de participar en el proceso de polimerización. A veces pueden reaccionar las dos moléculas de

metacrilato y otras veces sólo una, es por ello que se creó el coeficiente de conversión R, que se expresa como porcentaje de grupos de metacrilato consumidos. (49-51)

A lo largo de los años se han probado varias combinaciones de resinas de dimetacrilato para reducir la viscosidad y aumentar el grado de conversión. Un ejemplo de ello es el dimetacrilato de Uretano (UDMA), que es una cadena de monómeros que contiene uno o más grupos de uretano y dos grupos metacrilato en sus extremos. (49-51)

### Clasificación de técnicas de confección de provisorios:

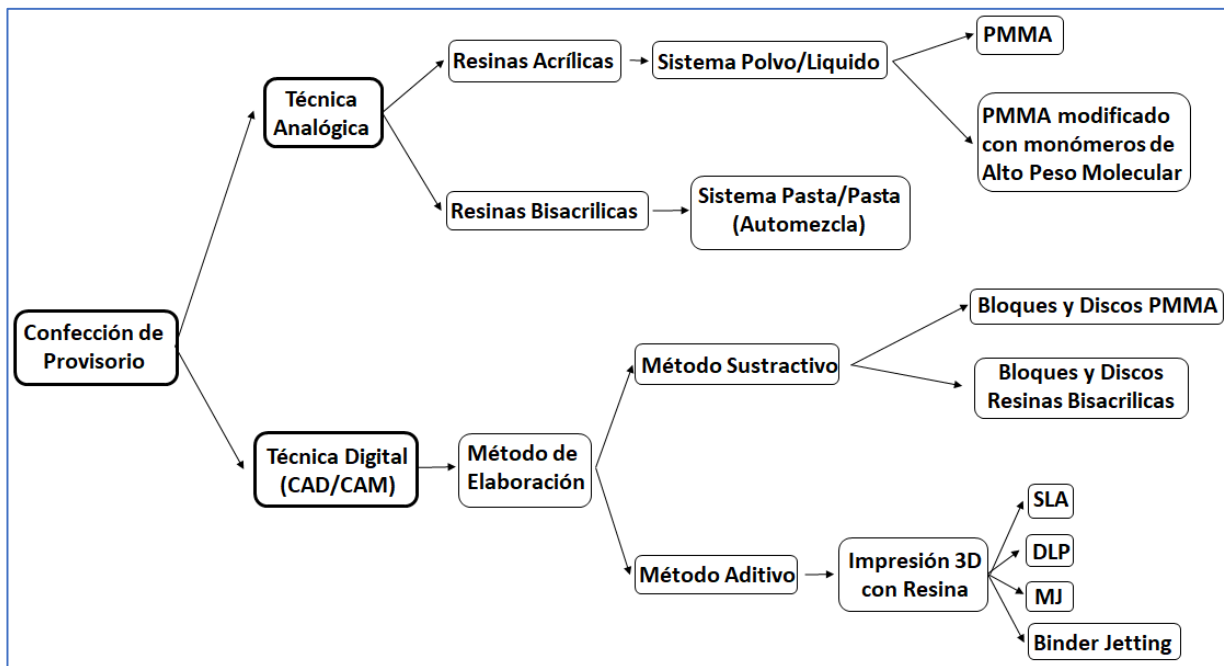


Figura 2: Esquema de la clasificación de la confección de provisorios según técnica.

Según su técnica de confección los provisorios se dividen en técnica Analógica y técnica digital.

**Técnicas Analógicas o flujo análogo:** Se refiere a la confección de los provisorios se basaba en técnicas directas llevadas a cabo mediante la utilización de polimetilmetacrilatos (PMMA) o derivados de las resinas bis-acrílicas.

*PMMA*: Estas técnicas fueron las primeras en realizarse en odontología, y por dicha razón es actualmente la más utilizada. Corresponde a un mezcla manual de una resina acrílica de autopolimerización, en un vaso dappen de un polvo (polímero) y un líquido (monómero) generándose la reacción de polimerización, en la cual se observan fases físicas: arenosa, filamentosa, plástica, gomosa y dura, que tienen correspondencia con las etapas químicas de la reacción: Inducción, propagación y terminación, se espera la etapa plástica para la manipulación y al llegar a la etapa dura ocurre una máxima exotermia que produce el 90 % de la polimerización. (49-51)

Esta técnica es sensible a la técnica de dispensación y a la mezcla manual, que si no es correctamente llevada a cabo puede incorporar aire que va a debilitar el producto final. (1-6)

Dentro de las técnicas más utilizadas se encuentra la técnica de la matriz de silicona, mediante la cual se copian las coronas de los dientes deseados, por ejemplo, de un encerado diagnóstico y se transfieren al paciente mediante dicha matriz. (1-6)



**Figura 3: Fotografía de confección provisorio plural sobre implantes con técnica de la matriz de silicona en encerado diagnóstico.**

*Resinas bisacrílicas:* Se definen como materiales para la provisionalización directa que poseen como material de relleno dimetacrilatos o derivados entre ellos BIS-GMA y UDMA. También son llamados materiales provisionales a base de resinas compuestas (31) estos materiales fueron introducidos en la Odontología a partir de la década de los 90's, principalmente por su facilidad de uso y la baja exotermia de su reacción química. (5)

Su presentación comercial es pasta/pasta dispensada en cartuchos o cadtrige, que son cargadas en pistolas de automezcla, el hecho de introducir la automezcla elimina el factor del error humano en la mezcla manual, lo que puede derivar en la incorporación de aire o de una mezcla imperfecta, lo que claramente afecta el desempeño del provisorio fabricado con dicho material. (1-6)



**Figura 4: Fotografía de una pistola cargada con una resina bisacrílica para provisorios.**

***Técnicas Digitales o flujo digital:*** En la década de los 80's ya se produjo la introducción de las primeras maquinarias que permitían la producción de coronas provisionales o definitivas mediante modalidad sustractiva, pero en esa época era una tecnología tan nueva que aún faltaban aspectos por mejorar para poder ser considerada una alternativa viable. (7-10)

Se clasifica según su elaboración en dos grandes familias, las técnicas aditivas y las técnicas sustractivas. Ambos flujos son generados a partir de un archivo STL, que puede proceder a partir de un escaneo de la boca del paciente o de un modelo obtenido de manera Analógica, esto permite una vez guardado la reproducción del mismo tantas veces como el clínico lo desee constituyendo una gran ventaja, ya que no es necesario el almacenamiento de modelos. (7-10)

*Método digital aditivos:* En cuanto a la tecnología sustractiva, el principio es el mismo, una máquina que obtiene el provisorio o forma deseada a partir de un bloque, el cual puede ser de distintos materiales. Los bloques son principalmente de PMMA, pero la diferencia con el PMMA análogo radica en que dichos bloques son polimerizados en condiciones industriales, por lo que su grado de conversión de monómero a polímero es muy alto en comparación al mismo material de uso análogo (autocurado). La diferencia radica en el tratamiento que se le da al bloque para obtener el producto final. Las máquinas para tallado digital sustractivos se dividen de acuerdo a ejes en los cuales son capaces de tallar, pudiendo ser de 3, 4 o 5 ejes. La de 5 ejes permite la obtención de formas muchísimo más complejas en comparación a una de 3 ejes, que es la usualmente utilizada en consultas odontológicas (7-10)

Existe la gran ventaja de que los bloques que se ocupan son polimerizados en condiciones industriales, por lo que existe una alta tasa de conversión de monómero a polímero, lo que asegura ciertas propiedades mecánicas en comparación con las técnicas tradicionales. Dentro de sus desventajas se encuentra el desperdicio del material, ya que es imposible ocupar el 100% del bloque en la confección de las coronas provisorias y que dependiendo de la máquina que se utilice, ciertas formas complejas son difíciles de reproducir por las fresas de tallado incorporadas en la máquina, pudiendo resultar en distorsiones positivas o negativas. (7-12)

*Método aditivo:* La modalidad aditiva ha sido introducida en las últimas décadas en distintos rubros, dentro de ellos el odontológico. Consiste en maquinas de impresión en tres dimensiones. Se pueden clasificar en: Estereolitografía (SLA), Procesamiento digital de luz o Digital light processing (DLP), Impresión de chorro o Material jetting

(MJ), Chorro aglutinante o Binder Jetting, Modelado de deposición por fusión (FDM) y Cama de fusión de polvo o Selective Laser Sintering (SLS) (7-12, 36)

Dentro de las anteriores, las técnicas más utilizadas son la Digital light processing (DLP) y estereolitografía (SLA). Si bien son técnicas distintas, siguen el mismo principio, que es la construcción capa por capa de la forma deseada a partir de una resina fotosensible. (7-12,36)

Una gran ventaja es no poseer limitaciones en la reproducción de formas complejas, ya que la impresión 3D va construyendo el objeto deseado por capas, a diferencia de una maquina fresadora digital sustractiva. Además al ser construido de manera ascendente (generalmente), no hay desperdicio de material, y si lo hay éste es muy marginal en comparación a la técnica sustractiva.

Dentro de sus desventajas se encuentran que la curva de aprendizaje es mayor, ya que hay muchos parámetros que influyen las propiedades mecánicas del producto obtenido, como, por ejemplo: Los “setting” de la misma impresora que se está ocupando (ángulo de impresión, grosor de soportes, tipo de técnica utilizada para imprimir, tipo de impresora, tipo de resina), el procedimiento de limpieza utilizado y el de post-curado. (7-10)

Además, posterior al proceso de impresión 3D, es obligatorio realizar un lavado y un ciclo de post curado (20, 38). El lavado permite disolver los restos de resina sin polimerizar que se encuentran en la superficie, siendo mayormente utilizado para este fin, el alcohol isopropílico. Mientras que la etapa de postcurado asegura la mayor conversión posible del polímero, reduciendo el monómero residual al mínimo, mejorando las propiedades mecánicas. Este procedimiento debe realizarse en hornos profesionales donde es posible controlar las variables de tiempo, temperatura y longitud de onda, ya que cada tipo de resina tiene indicaciones propias dadas por el fabricante. (20, 38)



**Figura 5: Fotografía de un provisorio plural sobre implantes con técnica digital aditiva.**

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo es el comportamiento en cuanto a propiedades físicas, biológicas y químicas de los provisorios sobre implantes confeccionados con técnica digital, en comparación a los realizados con técnica analógica?

## **OBJETIVOS**

### **A. Objetivo General:**

Comparar las propiedades de provisorios sobre implantes confeccionados con técnicas de flujo digital con los realizados mediante un flujo analógico.

### **B. Objetivo Específicos:**

1. Determinar si los provisorios confeccionados mediante flujo digital sustractivo y flujo digital aditivo cumplen con los parámetros suficientes para ser usados en boca.
2. Definir cuales son las propiedades con más evidencia para el flujo digital y para el flujo analógico.
3. Establecer mediante la evidencia encontrada si existe una superioridad manifiesta de un flujo sobre otro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta revisión crítica de la literatura fue construida en base al método de búsqueda P.I.C.O. (Población, Intervención, Comparación y Outcome/Resultado).

Siendo la Población (Pacientes portadores de provisorios sobre implantes), Intervención (Provisorios realizados mediante flujo digital), Comparación (Provisorios realizados mediante flujo análogo) y Outcome (Propiedades Físicas, Biológicas y Químicas).

A pesar de ser una revisión de la literatura, ésta utilizará algunas herramientas de la metodología de revisiones sistemáticas, para sistematizar el proceso.

En relación con cada uno de los dominios (P. I. C. O) se realizó una búsqueda de los posibles MESH/Descriptor, para mejorar dicha estrategia se decidió revisar los términos en español para ser buscados en la página de Descriptores de salud (DeCS), creado por BIREME, para encontrar su respectivo término en inglés.

Se decidió analizar la sensibilidad de cada término utilizado, encontrando que la búsqueda era muy amplia y la literatura pertinente muy escasa, por lo cual se decidió centrarse en los 2 primeros dominios. A su vez, se decidió utilizar los descriptores de salud encontrados tanto como término de salud como término libre, de esta forma se amplió a títulos y abstracts logrando una búsqueda más apropiada.

La estrategia de búsqueda fue realizada por 3 revisores siguiendo los principios PRISMA (13). La búsqueda fue realizada entre diciembre de 2020 y enero de 2021, en 3 bases de datos: PubMed, Scopus y WOS (Web of Science), obteniendo los siguientes resultados mostrados en las tablas 1, 2 y 3.

Search Builder	Key Search Words	Results
#1	(((((Temporary Restoration[Title/Abstract]) OR (Dental Implants[Title/Abstract])) OR (Dental implants, single tooth[Title/Abstract])) OR (Provisional Prosthesis[Title/Abstract])) OR (Provisional Crown[Title/Abstract])) OR (Provisional restoration[Title/Abstract])) OR (Interim restorations[Title/Abstract])	13.789
#2	(((((Digital Technology[Title/Abstract]) OR (Analog- Digital Conversion[Title/Abstract])) OR (Cad - cam[Title/Abstract])) OR (Additive manufacturing Technologies[Title/Abstract])) OR (Digital Work Flow[Title/Abstract])) OR (3d print[Title/Abstract])) OR (Stereolithography[Title/Abstract])) OR (Material Jetting[Title/Abstract])	6.812
#1 AND #2		<b>245</b>
Advanced Search field		
(((("temporary restoration"[Title/Abstract] ) OR ("dental implants"[Title/Abstract] ) OR ("provisional prosthesis"[Title/Abstract] ) ) OR ("provisional crown"[Title/Abstract] ) OR ("interim restoration"[Title/Abstract] ) AND ((((((("digital technology"[Title/Abstract] ) OR ("analog digital conversion"[Title/Abstract] ) OR ("3D print"[Title/Abstract] ) OR ("cad cam"[Title/Abstract] ) OR ("additive manufacturing technologies"[Title/Abstract] ) OR ("digital work flow"[Title/Abstract] ) OR ("stereo lithography"[Title/Abstract] ) OR ("material jetting"[Title/Abstract] ).		

Tabla 1. Llave de búsqueda final en Pubmed y sus resultados.

Search Builder	Key Search Words	Results	Limit to Dentistry
#1	( TITLE-ABS-KEY ( "Temporary Restoration" OR "dental Implants" OR "Dental implants, single tooth" OR "provisional prosthesis" OR "provisional crown" OR "provisional restoration" OR "interim restorations" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) )	38.571	25.634
#2	( TITLE-ABS-KEY ( "Digital Technology" OR "Analog- Digital Conversion" OR "Cad - cam" OR "additive manufacturing technologies" OR "digital work flow" OR "3d print" OR stereolithography OR "material jetting" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) )	47.729	3.898
Advanced Search Field in Scopus with Key Words (#1AND2#) ( TITLE-ABS-KEY ( "Temporary Restoration" OR "dental Implants" OR "Dental implants, single tooth" OR "provisional prosthesis" OR "provisional crown" OR "provisional restoration" OR "interim restorations" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( "Digital Technology" OR "Analog- Digital Conversion" OR "Cad - cam" OR "additive manufacturing technologies" OR "digital work flow" OR "3d print" OR stereolithography OR "material jetting" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DENT" ) )		739	

Tabla 2. Llave de búsqueda final en Scopus y sus resultados.

Search Builder	Key Search Words	Results
#1	AB=("Temporary Restoration")	95
#2	AB=("Dental Implants")	7.924
#3	AB=("Dental implants, single tooth")	1
#4	AB=("Provisional Prosthesis")	117
#5	AB=("Provisional Crown")	105
#6	AB=("Provisional restoration")	289
#7	AB=("Interim restorations")	65
#8	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 AB=("Temporary Restoration") OR AB=("Dental Implants") OR AB=("Dental implants, single tooth") OR AB=("Provisional Prosthesis") OR AB=("Provisional Crown") OR AB=("Provisional restoration") OR AB=("Interim restorations")	8.495
#9	AB=("Digital Technology")	3.361
#10	AB=("Analog- Digital Conversion")	50
#11	AB=("Cad - cam")	3.979
#12	AB=("Additive manufacturing Technologies")	534
#13	AB=("Digital Work Flow")	13
#14	AB=("3d print")	367
#15	AB=("Stereolithography")	2.358
#16	AB=("Material Jetting")	104
#17	#9 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 AB=("Digital Technology") OR AB=("Analog- Digital Conversion") OR AB=("Cad - cam") OR AB=("Additive manufacturing Technologies") OR AB=("Digital Work Flow") OR AB=("3d print") OR AB=("Stereolithography") OR AB=("Material Jetting")	10.619
#18	#8 AND #17 (AB=("Temporary Restoration") OR AB=("Dental Implants") OR AB=("Dental implants, single tooth") OR AB=("Provisional Prosthesis") OR AB=("Provisional Crown") OR AB=("Provisional restoration") OR AB=("Interim restorations")) AND (AB=("Digital Technology") OR AB=("Analog- Digital Conversion") OR AB=("Cad - cam") OR AB=("Additive manufacturing Technologies") OR AB=("Digital Work Flow") OR AB=("3d print") OR AB=("Stereolithography") OR AB=("Material Jetting"))	129

**Tabla 3. Llave de búsqueda final en WOS y sus resultados.**

En adición a lo anterior se realizó una búsqueda manual en los principales Journals y/o revistas relacionadas con rehabilitación oral sobre implantes, prostodoncia y materiales dentales (Journal of prosthodontics, Journal of advanced prosthodontics, Dental Materials Journal, Clinical oral investigations Journal, Journal mechanical behavior biomedical materials) para identificar artículos posiblemente no encontrados en las bases de datos.

**Criterios de inclusión:**

Estudios que describan una de las tres técnicas (Analógica, sustractiva o aditiva), que comparen las técnicas entre ellas (aunque no estén las tres técnicas) y que incluyan al menos una de las propiedades que interesan en el estudio (resistencia flexural, resistencia a la fractura, sorción de agua, microdureza, estabilidad del color, ajuste periférico e interno, entre otras). De acuerdo lo anterior se ha decidido incluir:

- Estudios In Vitro
- Estudios en animales
- Estudios Clínicos no randomizados
- Estudios Clínicos Randomizados
- Estudios de cohorte
- Guidelines
- Revisiones Sistemáticas

**Criterios de exclusión:**

Debido a la escasez de literatura pertinente los criterios de exclusión se basaron en estudios pacientes con patologías que puedan afectar el desempeño de implantes óseo-integrados y su relación con los tratamientos provisionales, tales como cáncer y enfermedades que afectan el metabolismo óseo (Osteosarcoma, toma de medicamentos como bifosfonatos, osteoporosis).

## RESULTADOS

Luego de aplicada la llave de búsqueda en las bases de datos incluidas, se obtuvo un total de 1113 artículos, después de una elaborada selección de títulos y resúmenes se eliminaron 288 duplicados. Se excluyeron otros 744 estudios porque no cumplían con los criterios de elegibilidad. Los 68 estudios restantes se seleccionaron para examinar el texto completo, se incluyeron otros 19 estudios derivados de la búsqueda manual, de estas 87 publicaciones, 52 artículos fueron excluidos, dando un número final de 33 publicaciones seleccionadas que cumplieron la inclusión definida, esta secuencia de trabajo se observa en la Figura.

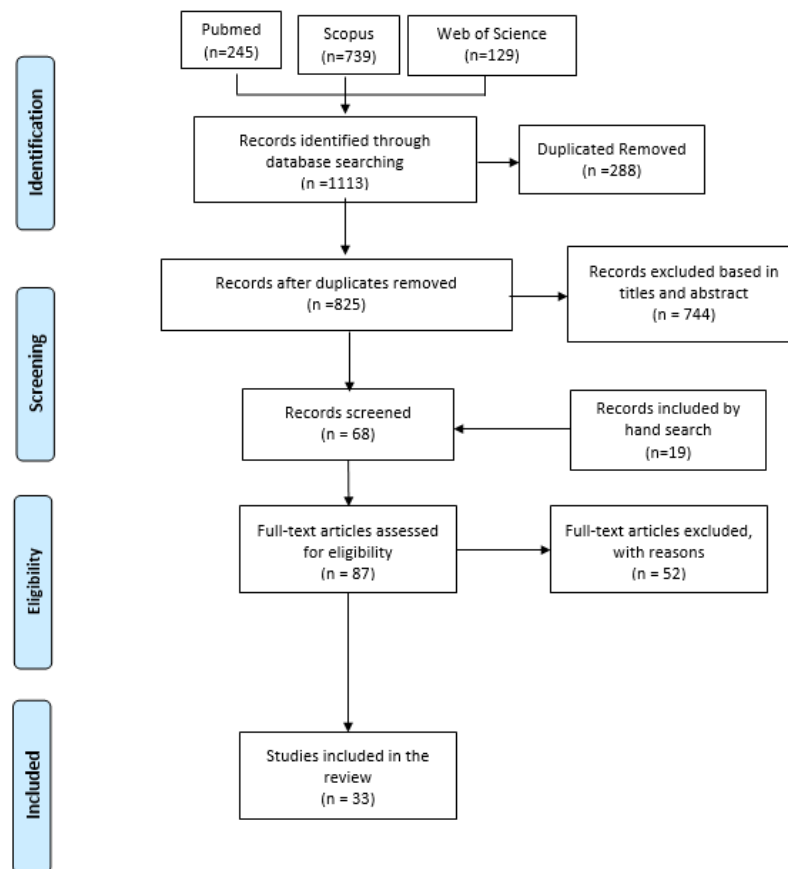


Figura 6. Diagrama de flujo PRISMA resumiendo el proceso de búsqueda.

## Descripción de los estudios seleccionados:

Todos los estudios seleccionados corresponden a la modalidad *in vitro*, no encontrándose estudios clínicos sobre el tema planteado en la pregunta de investigación.

Del total de 33 artículos seleccionados, 19 comparan técnicas digitales y técnicas analógicas; 3 estudios compararon la técnica analógica con ambas técnicas digitales (aditiva y sustractiva), 10 estudios compararon la técnica analógica y digital sustractiva, 3 la técnica analógica y la técnica digital aditiva y por último 3 estudios compararon la técnica digital sustractiva y la técnica digital aditiva.

Los restantes 14 estudios fueron estudios comparativos dentro de un mismo tipo de técnica, pudiendo subdividirse en: 10 estudios comparativos para distintos materiales de empleados en las técnicas analógicas y 4 estudios comparativos entre distintas resinas para la técnica analógica digital.



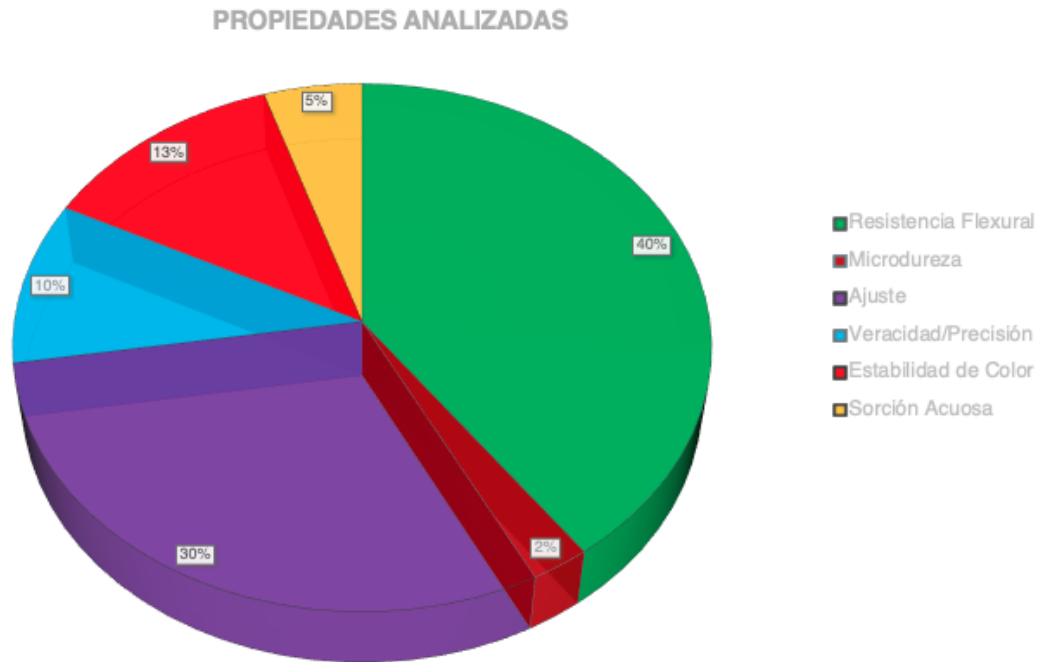
Gráfico 1: Tipo de estudios encontrados.

Autor, Año	Técnica Analógica		Técnica Digital		Propiedad/es medidas
	PMM	Resina Bisacrílica	Sustractiva	Aditivas	
Digholkar, 2016	Si	No	PMMA	Si	Resistencia flexural, Microdureza
Peng, 2019	No	Si	PMMA	Si	Ajuste interno, Ajuste marginal
Mai, 2017	No	Si	PMMA	Si	Ajuste interno, Ajuste marginal
Rosentritt, 2017	Si	No	PMMA	No	Resistencia a la fractura (Termociclado)
Karakoutan, 2015	Si	Si	PMMA	No	Resistencia a la fractura
Dureja, 2017	No	Si	PMMA	No	Resistencia flexural, Ajuste vertical
Abdullah, 2015	No	Si	Resina bisacrílica, PEEK, PMMA	No	Ajuste marginal, Resistencia a la Fractura
Karaman, 2019	No	Si	PMMA	No	Resistencia a la fractura
Yao, 2014	No	Si	Resina bisacrílica, PMMA, Cercon Base	No	Ajuste marginal, Resistencia flexural (termociclado)
Kwan Yong, 2015	Si	no	PMMA	No	Ajuste vertical, Ajuste horizontal, infiltración (termociclado).
Rayyan, 2015	Si	Si	PMMA	No	Estabilidad de color, Sorción de agua, Resistencia a la fractura, Penetración marginal
Peñate, 2015	Si	Si	PMMA	No	Ajuste Marginal, resistencia a la Fractura
Alt, 2010	Si	Si	Resina bisacrílica, PMMA, Cercon Base	No	Resistencia a la fractura
Alsandi Q, 2019	Si	No	No	Si	Sorción acuosa, Resistencia máxima a la tracción, Resistencia al cizallamiento
Chung, 2018	Si	No	No	Si	Chipping / Resistencia a la fractura
Tahayeri, 2018	Si	No	No	Si	Modulo elástico, Precisión de la impresión, peak stress

**Tabla 4. Estudios encontrados, técnicas, materiales y propiedades estudiadas**

Autor, Año	Técnica Analógica		Técnica Digital		Propiedad/es medidas
	PMM	Resina Bisacrílica	Sustractiva	Aditivas	
Park, 2019		No	No		PMMA
Lee, 2017	No	No	PMMA	Si	Ajuste interno, Ajuste marginal
Yeon-Kim, 2016	No	No	No	Si	Ajuste marginal
Alharbi, 2016	No	No	No	Si	Precisión dimensional
Alharbi, 2016	No	No	No	Si	Fuerza compresiva
Osman, 2017	No	No	No	Si	Precisión dimensional
Jalali, 2012	Si	Si	No	No	Estabilidad de color
Takamizawa, 2014	Si	Si	No	No	Resistencia flexural, Resistencia al desgaste
Bayindir, 2012	Si	Si	No	No	Estabilidad de color
Balkenhol M, 2007	No	Si	No	No	Resistencia a la fractura, grado de conversión del monómero
Kerby, 2013	No	Si	No	No	Resistencia flexural, módulo flexión, work of fracture.
Nejatidanesh, 2006	Si	Si	No	No	Ajuste Marginal
Nejatidanesh, 2009	Si	Si	No	No	Resistencia Flexural
Gujjari, 2012	Si	Si	No	No	Estabilidad de Color, resistencia Flexural
Schwantz, 2017	Si	Si	No	Si	Análisis Ópticas (estabilidad de color, translucidez, fluorescencia) Superficiales (rugosidad, morfología, composición), Físicoquímicas (viscosidad, cinética de polimerización), Mecánicas (Relación de Poisson, resistencia flexión biaxial, módulo de flexión)
Mazaro, 2015	Si	Si	No	Si	Estabilidad color, almacenamiento

**Tabla 4 Continuación. Estudios encontrados, técnicas, materiales y propiedades estudiadas.**



**Gráfico 2: Propiedades analizadas en los diversos estudios.**

Para poder hacer el análisis de los resultados es necesario considerar que cada flujo de trabajo- sea digital o analógico- tiene subdivisiones, por ejemplo, en la técnica analógica se encuentra la fabricación con material de mezcla manual y de sistema de automezcla (catridge), pudiendo ser éstas de PMMA y resina bis-acrítica principalmente.

A su vez, el grupo de estudios de provisorios digitales va a estar conformado tanto por las técnicas aditiva y como sustractiva

En la técnica sustractiva, si bien, el principio es el mismo, la fabricación puede ser mediante máquinas de 3, 4 y hasta 5 ejes, cuyos resultados serán diferentes.

En la técnica aditiva existen variadas modalidades de fabricación, pero las más descritas en los estudios seleccionados corresponden a: Digital light processing (DLP), Microestereolitografía (mSLA) y estereolitografía (SLA).

### **Estudios comparativos de 3 técnicas de confección de provisionales (Técnica analógica, Técnica digital sustractiva y Técnica digital aditiva):**

Para el objetivo propuesto de la investigación, los estudios que arrojan más datos son los comparativos entre técnica analógica, técnica digital aditiva y técnica digital sustractiva. Las propiedades medidas en estos estudios fueron: Resistencia flexural, ajuste marginal e interno y microdureza. (2, 13, 14)

**Resistencia flexural:** Destacó el método digital sustractivo, aunque las 3 obtenían más que el mínimo necesario para ser implementadas en función a nivel oral (50Mpa). (2)

**Microdureza:** El método digital impreso obtuvo la mayor microdureza, seguido del análogo y luego el digital sustractivo. (2)

**Ajuste marginal e interno:** Ambos grupos digitales tuvieron un mejor desempeño que los de flujo analógico. En ambos estudios los grupos digitales no tuvieron diferencias significativas entre ellos (13, 14). En un estudio el grupo digital aditivo obtuvo mejor desempeño, sobre todo en la cara oclusal. (14) Cabe mencionar que en estos últimos estudios solamente en uno se ocupó agente de unión (13), siendo las técnicas utilizadas para medición de gap fueron la magnificación (50x) y la técnica de la réplica de silicona. (13, 14)

### **Estudios comparativos entre técnica analógica y técnica digital sustractiva:**

Dentro de los 10 estudios comparativos técnica analógica y técnica digital sustractiva las propiedades más estudiadas fueron: Resistencia flexural, ajuste vertical y horizontal, ajuste marginal, estabilidad de color, sorción de agua, microinfiltración. En algunos de ellos se incorporó la variable del termociclado antes de realizar las pruebas. (15-21)

En estos estudios los materiales de flujo analógico ocupados fueron principalmente PMMA (mezcla manual y catridge) y resinas bisacrílicas (catridge). Para la medición de las propiedades los especímenes ocupados correspondieron a coronas provisionarias, barras y bloques de los distintos materiales mencionados. (15-21)

**Resistencia flexural:** Uno los estudios analizados indica que los provisionarios hechos con técnica sustractiva (principalmente discos de PMMA polimerizados bajo condiciones industriales) presentan un mejor desempeño que los hechos con técnica directa, ya sean de resina de PMMA o bisacrílica (15). Un estudio señaló que, si bien la resistencia flexural de los provisionarios de flujo digital sustractivo era mejor, no existían diferencias significativas con provisionarios reforzados con fibra de vidrio. (18) Otro estudio encontró valores mayores de resistencia flexural para provisionarios bisacrílicos que los obtenidos mediante fresado. (16) Para la medición de esta propiedad la técnica más ocupada fue el test de fractura a una velocidad de 1mm/min.

**Ajuste vertical:** Solamente dos estudios abordaron este tópico, uno con termociclado (19) y otro sin termociclado. (16) Los resultados indican que las coronas CAD/CAM sustractivas presentan un mejor ajuste vertical que las confeccionadas con técnicas analógicas en el estudio sin termociclado y también antes y después de ser sometidas a termociclado. Las técnicas para medir esta propiedad fueron principalmente observación mediante magnificación y microscopía. (16, 19)

**Ajuste marginal/horizontal:** Los resultados indican que no hay una diferencia significativa en esta categoría entre las coronas CAD/CAM sustractivas y las realizadas con técnicas analógicas. Sin embargo, un estudio arrojó que el ajuste de las coronas con flujo digital sustractivo era mejor. (17-20)

**Ajuste interno:** Solamente un estudio lo menciona e indica que el método sustractivo obtiene una superficie interna más homogénea. (17)

**Estabilidad de color:** Solamente un estudio lo menciona e indica que los provisionarios digitales sustractivos presentan menos alteraciones colorimétricas en el tiempo. Esta propiedad se midió aplicando una escala colorimétrica antes y después de sumergir los provisionarios en distintas soluciones, tales como: café, té, etc. (21)

**Sorción de agua:** Se menciona dentro del mismo estudio de la propiedad anterior, el resultado indica que los provisorios digitales sustractivos presentan significativa menor sorción de agua en comparación a los directos. Para medir esta propiedad se hizo una medición previa y posterior (luego de sumergir el provisorio en una solución acuosa) de los provisorios. (21)

**Microinfiltración:** Solamente un estudio menciona esta propiedad y es el mismo que la propiedad anterior. No se encontraron diferencias entre ambos grupos, de hecho, no se observó infiltración en ninguno de los especímenes. (21)

### **Estudios comparativos técnica analógica v/s técnica digital aditiva:**

Dentro de este apartado encontramos 3 estudios que comparan ambas técnicas. Las propiedades analizadas fueron las siguientes:

**Resistencia flexural:** En los tres estudios se encuentra un comportamiento comparable de los materiales impresos con algunos materiales de flujo analógicos. Otros encontraron resultados más bajos que los obtenidos por flujo analógico. (8, 12, 22)

**Sorción acuosa:** Solamente un estudio hace referencia a esta propiedad, Se indica que la resina para impresión digital posee una sorción acuosa mayor luego de 30 días de inmersión en agua destilada que la del PMMA. (12)

**Módulo elástico:** Solamente un estudio hace referencia a esta propiedad. Dentro de los hallazgos se menciona que la resina impresa tiene un módulo elástico comparable a PMMA y menor al de la resina bisacrílica. (8)

### **Estudios comparativos técnica digital sustractiva v/s técnica digital aditiva:**

3 estudios hacen referencia a este tópico, se compararon resinas para impresión 3D con discos de PMMA para tallado digital. Las propiedades analizadas fueron las siguientes:

**Ajuste vertical y horizontal:** 2 estudios hacen referencia a esta propiedad. En uno se menciona que los provisorios digitales aditivos obtienen un desempeño equiparable a obtenidos por flujo digital sustractivo. Mientras que en el otro se afirma que los provisorios digitales aditivos tienen un mejor desempeño que los tallados. (4, 23)

**Precisión y veracidad:** Estas propiedades hacen referencia al respeto de las medidas de una figura representadas en un archivo STL en el producto impreso o tallado y a la igualdad de las medidas entre varios especímenes creados a partir de un mismo archivo STL. Dentro de la revisión solamente un estudio hace referencia a estas propiedades, siendo los provisorios digitales aditivos los que obtienen un mejor desempeño. (1)

### **Estudios comparativos para materiales de técnica digital aditiva:**

4 estudios comparan distintos aspectos de la impresión en 3D, principalmente el efecto del ángulo de impresión y el tipo de soporte en las propiedades mecánicas y en la precisión dimensional. También la reproducibilidad de las coronas impresas. Dentro de estos 4 estudios se mencionan 3 técnicas de impresión digital: Estereolitografía (SLA), microestereolitografía (mSLA) y Digital Light Processing (DLP). (24-27) Dentro de las propiedades estudiadas se encuentran:

**Reproducibilidad o precisión dimensional:** Se menciona en tres estudios cada uno de los cuales hace referencia a una técnica, las cuales son mSLA, SLA y DLP. (24-27)

**mSLA:** Se obtienen mejores resultados de reproducibilidad de medidas cuando se imprimen 3 copias por tanda de impresión, en lugar de una o 6 copias por tanda (24).

**SLA:** Para este estudio se imprimieron provisorios con distintas angulaciones (90°, 129°, 135°, 150°, 180°, 210°, 225°, 240°) y soportes. Los resultados indican que se

obtiene mayor precisión imprimiendo con una angulación de 120° y con soportes finos. (25)

*DLP*: Al igual que en estudio anterior se imprimieron provisorios con distintas angulaciones. Los resultados indican que para una mejor precisión dimensional se debe imprimir con una angulación de 135°, ya que así se obtiene un patrón de desviación más favorable y las distorsiones se ubican lejanas a las zonas críticas de ajuste marginal. (27)

***Resistencia Flexural***: Esta propiedad se menciona solamente en un estudio, en el cual se imprimieron especímenes de manera vertical y horizontal con el mismo tipo de resina para impresión en 3D. Los resultados indican que los especímenes impresos verticalmente tienen un comportamiento mejor que los impresos horizontalmente ante una fuerza compresiva debido a la orientación de sus capas. (26)

### **Estudios comparativos de materiales analógicos:**

Hecho el análisis se encontraron 10 estudios comparativos de materiales para técnica analógica, principalmente PMMA y resinas bisacrílicas. (5, 6, 28-35) Dentro de las propiedades investigadas se encuentran las siguientes:

***Resistencia flexural***: 5 estudios hacen referencia a esta propiedad, en todos ellos las resinas bisacrílicas obtienen un mejor resultado en comparación al PMMA. (29-32, 34, 35)

***Estabilidad de color***: 5 estudios hacen referencia a esta propiedad, todos ellos indican que el PMMA tiene un mejor desempeño ante distintas soluciones ocupadas para teñir en comparación a las resinas bisacrílicas. (5, 6, 28, 33, 35)

***Ajuste marginal***: Un estudio hace referencia a esta propiedad, dicho estudio indica que el grado de ajuste entre los dos tipos de material es equiparable. (29)

## DISCUSIÓN

Esta revisión crítica de la literatura planteó, comparar las propiedades de provisorios sobre implantes confeccionados con técnicas de flujo digital, con aquellos realizados mediante un flujo analógico. En este sentido se observó que las propiedades más analizadas, comunes para los tres tipos de provisorio fueron ajuste marginal e interno, resistencia flexural, y estabilidad de color.

Siendo los provisorios digitales (tanto sustractivos como aditivos) los que parecen presentar un desempeño superior a los de flujo análogo en cuanto a ajuste marginal e interno y estabilidad de color. (1, 2, 4 - 8,12 - 38)

Lo observado en el ajuste marginal, podría explicarse debido a que en general los provisorios realizados con técnicas analógicas son confeccionados de manera directa en boca y ajustados dentro de la misma sesión, mientras que, los digitales se ajustan de acuerdo a un archivo digital STL y gracias a un software de diseño que genera un ajuste ideal al modelo digital de la preparación. (39)

En cuanto a la resistencia flexural de los provisorios, hay una mixtura de resultados, Alt señaló que los provisorios realizados con métodos digitales sustractivos tienen un comportamiento superior a los de flujo análogo en esta propiedad (15) mientras que, existen otros estudios que afirman que los comportamientos de ambos tipos (digital sustractivo v/s flujo análogo) fueron equiparables (16, 18) los provisorios digitales no poseen mucha evidencia en este punto, en el único estudio comparativo que abarca todas las categorías de provisorios estudiadas (flujo análogo, digital sustractivo y digital aditivo), se señala que los provisorios mediante flujo digital sustractivo tienen un mejor comportamiento, seguido de los flujo análogo y finalmente los digital aditivo. (2) Estas diferencias se puede explicar debido a que los provisorios de técnica sustractiva se obtienen de discos de un material cuyas propiedades ya son las definitivas (son polimerizados en condiciones industriales), en cambio los provisorios de flujo digital aditivos y los de flujo analógico (que tuvieron comportamientos similares), deben pasar por un proceso de post-curado, en el caso de los provisorios analógicos es un proceso de autocurado en el cual se obtienen

mejores propiedades mecánicas mientras más tiempo pase luego de la mezcla y en el caso de los digital aditivos va a depender mucho del régimen de post-curado (Ej.: Luz Ultravioleta) al que sea expuesto. Debido a la mixtura de resultados se debe seguir investigando en este punto para poder establecer fehacientemente si existe una superioridad de los provisorios digitales (sustractivos y/o digital aditivos) versus los materiales de flujo análogo. (2,15,16,18)

La estabilidad de color fue significativamente superior en los provisorios digitales sustractivos que en los realizados por flujo analógico, cabe consignar que estos resultados están basados en un solo estudio encontrado realizado por Rayyan en el año 2015, no encontrándose información en este punto para los provisorios digitales aditivos. (21)

Por lo tanto, se puede afirmar que, en cuanto a ajuste marginal e interno, los provisorios digitales (sustractivo y aditivo) efectivamente poseen cualidades superiores en comparación a las técnicas analógicas tradicionales. (13,14,17-20) La resistencia flexural de los provisorios digitales sustractivos es equiparable o superior a los análogos y falta información respecto a los digitales aditivos (2, 15, 17, 18, 20, 21). En cuanto a estabilidad de color, si bien, Rayyan indica la superioridad de los provisorios digitales sustractivos v/s los análogos, aún faltan más estudios para poder reafirmar este punto. (21)

Con respecto a la correlación entre los parámetros identificados y su correlación a los desempeños clínicos todos los estudios seleccionados fueron realizados en la modalidad in vitro, no encontrándose estudios clínicos, por lo cual se hace evidente abrir este campo de investigación.

Por lo tanto, según la evidencia encontrada no es posible, por el momento, establecer mediante la evidencia encontrada si existe una superioridad manifiesta de un flujo sobre otro.

A continuación, se realiza un análisis de todos los tipos de estudios comparativos que se encontraron en la búsqueda de esta revisión.

***Flujo analógico v/s Flujo digital sustractivo v/s Flujo digital aditivo:*** No hay mucha evidencia disponible en la literatura respecto a este tipo de estudios. A pesar de ello, se encontraron 3 estudios los cuales evaluaron microdureza y resistencia flexural, ajuste interno y marginal. (2, 13, 14)

El primer estudio realizado en 2016 por Digholkar, reportó que la resistencia flexural de las coronas sustractivas fue la mayor, seguido de las convencionales y finalmente las impresas. Todas ellas superaron el mínimo de 50 Mpa, que es el valor que se requiere para poder ser usadas en la cavidad oral. En cuanto a microdureza las coronas impresas resultaron obtener el valor mayor. Por lo que según los autores un provisorio de tramo largo debe ser pensado para ser tallado, mientras que uno que requiera ser resistente al desgaste debe ser impreso. (2)

El segundo y tercer estudio realizados por Peng en el año 2019 y Mai, en el año 2017 midieron ajuste marginal e interno, ambos investigadores coinciden en que los grupos digitales presentan un mejor ajuste marginal e interno que los grupos análogos. Pero no logran diferenciarse entre ellos. (13, 14)

A pesar de lo limitado de la evidencia debido a lo nuevo de las técnicas, se han realizado esfuerzos por comparar varios estudios y tratar de obtener evidencia a partir de ello, por ejemplo, Boitelle en el año 2014 hizo una revisión sistemática cuyo objetivo era investigar el grado de ajuste de las restauraciones confeccionadas mediante técnica digital sustractiva. Debido a la heterogeneidad de las metodologías de los estudios obtenidos en su búsqueda, la comparación fue dificultosa. A pesar de ello el autor fue capaz de concluir que en los provisorios fresados se podían obtener interfaces iguales o menores a 80 micrones, lo que constituye una mejora en comparación a las técnicas tradicionales, sin embargo, el desafío es que la máquina obtenga el mismo nivel de ajuste con distintos tipos de materiales (36). Por lo tanto, se puede afirmar que el ocupar un sistema CAD/CAM sustractivos para realizar restauraciones provisionales genera un ajuste mayor, lo que podría reducir la microinfiltración y va a mantener de mejor manera la salud de los tejidos peri-

implantares, que son más lábiles que los tejidos dentarios sanos, ya que, no poseen el mismo nivel de sellado que estos últimos (40).

**Flujo analógico v/s Flujo digital sustractivo:** La propiedad más evaluada fue la resistencia a la fractura de los especímenes ante distintas pruebas de fuerza (7, 15, 17, 18, 21, 37, 38). El análisis arroja una mixtura de resultados, Alt encontró resultados mejores para los provisorios digitales sustractivos (15) y otros indican que hay un comportamiento equiparable entre los digitales sustractivos y los provisorios analógicos (16, 18). La mayoría las coronas provisorias realizadas mediante CAD/CAM sustractivo, en su mayoría obtenidas de discos de PMMA, poseen una resistencia a la fractura superior o comparable a las fabricadas por métodos convencionales, ya sea de PMMA de autocurado o de resinas bisacrílicas. Karakoutan y Rayyan en el año 2015, y Alt, ya en el año 2010 reportaron en sus resultados que los provisorios sustractivos poseen una resistencia flexural significativamente mayor que la de los provisorios de flujo análogo, mientras que por el contrario, Dureja, Yao, Abdullah y Peñate, indican que los resultados son equiparables. Esto se puede explicar debido a la heterogeneidad de las metodologías empleadas por los distintos autores. Por ejemplo, los modelos maestros empleados eran de yeso, resina, acero inoxidable y metal. Algunos estudios emplearon agente de unión (cemento) y otros no, y los que ocuparon emplearon cementos de distinto tipo (Ox. de Zing – Eugenol, Cemento Ionómero Vitreo, Temp-Bond, entre otros). El test para medir la propiedad si fue más homogéneo, ya que se utilizó una máquina universal a una velocidad de 1mm/min hasta que se produjo la fractura, excepto Alt que, en 2010, que ocupó una velocidad de 200 mm/min. (15-18, 20, 21, 38)

Según lo que reporta la literatura los discos a partir de los cuales se obtienen los provisorios sustractivos son polimerizados bajo condiciones industriales y a temperaturas controladas, lo que deriva en un alto grado de conversión de polimerización, además de que el PMMA si es capaz de generar “cross-linking” entre sus polímeros, generando una matriz más fuerte que es capaz de soportar mayores cargas mecánicas. Además, el producto obtenido ya tiene estandarizadas sus propiedades antes de ser tallado, a diferencia de los materiales de autocurado

análogos, los cuales consolidan sus propiedades luego de pasado un tiempo, mediante el fenómeno de post curado. (20, 38)

Otra variable a considerar en el análisis de los provisionales es el ajuste que éstas tengan a la preparación a la cual están unidas. Esto es importante debido a que se sabe que un desajuste de cierta envergadura puede comprometer la integridad de los tejidos blandos asociados al aditamento rehabilitador del implante (40). En este punto se encontraron una mixtura de resultados entre los 3 estudios que abordan este tema, uno de ellos Yao, en el año 2014 señala que las coronas digitales sustractivas obtuvieron gaps menores que los provisorios analógicos, tanto antes como después de ser termocicladas (20). Dureja, en 2017 encontró que el ajuste de los provisorios digitales sustractivas fue mejor, ya que observó medidas de gaps menores bajo microscopia óptica. Kelvin Khng en el año 2015 demostró que los provisorios analógicos tenían un gap vertical y horizontal mayor que los provisionales digitales sustractivos, su estudio lo realizó mediante luz polarizada captada por microscopía. (19) Esto podría explicarse porque la exactitud y la capacidad de reproducir superficies complejas en las coronas dentarias va a depender de la precisión de la máquina que se esté empleando (16, 19, 20).

La sorción de agua es otra propiedad analizada en los estudios. El agua al ingresar a la matriz polimérica rompe las uniones de los polímeros, mermando las propiedades mecánicas del material que absorbe el agua. Hay un estudio realizado por Rayyan, que aborda esta propiedad e indica que los materiales para CAD/CAM sustractivo proveen de coronas provisorias que absorben menos agua que sus pares analógicos, por tanto, se puede desprender de esto que podrían soportar tiempo de uso más largos al estar expuesta la saliva y a la humedad de la cavidad oral. (41-44)

***Flujo analógico v/s Flujo digital aditivo:*** El análisis de estos estudios indica que las resinas para impresión en 3D muestran propiedades equiparables a las de flujo analógico y en algunos casos éstas últimas mostraron ser superiores, se coincide en que las resinas impresas muestran las propiedades biológicas aceptables para ser usadas dentro de la cavidad bucal. Sin embargo, es necesario más investigación para ahondar en este tópico. (8, 12, 22)

**Flujo digital sustractivo v/s Flujo digital aditivo:** En este punto la información también es relativamente escasa, solamente 3 estudios comparan propiedades de estos dos tipos de materiales CAD/CAM, sin incluir al flujo analógico. Los estudios se enfocaron más en propiedades de ajuste en lugar de medir resistencia o dureza de las coronas. Los resultados obtenidos fueron mixtos, ya que el primero de los estudios reportó que si se imprime con parámetros favorables (grosor de capa y angulación de la impresión), las coronas provisionales impresas presentan un ajuste equivalente a las sustractivas. (23) El segundo estudio, que midió mediante microscopía y superimposición de imágenes señala que las coronas sustractivas son superiores en términos de veracidad y precisión. (1) El tercer estudio reporta que el ajuste marginal e interno de las coronas provisionales impresas es superior versus las talladas. (4)

Existen factores que se deben considerar para interpretar estos resultados mixtos. Las propiedades de ajuste un producto impreso por vía 3D van a depender del tipo de impresión que se esté llevando a cabo (SLA, DLP, etc), de la resolución de la impresora que se emplee y de factores como el grosor de capa elegido y la angulación en que se imprime la corona. Todos estos factores, salvo la resolución de la impresora, los puede manejar el operador, por tanto, éste debe estar totalmente familiarizado con el dispositivo que está ocupando. En el caso de la técnica sustractiva, de lo que más va a depender el ajuste es de la capacidad de la máquina de reproducir superficies complejas y esto va de la mano con la cantidad de ejes de los que disponga la máquina. Una máquina que maneje 5 ejes va a ser capaz de reproducir superficies y curvas que a una de 3 o 4 ejes le pueda resultar dificultoso o imposible. (26,45-48)

Si bien falta evidencia para contrastar ambos métodos, se puede afirmar que dentro de las ventajas del método aditivo está en que el desperdicio de material que hay v/s el digital sustractivo es relativamente marginal, además que como la máquina va construyendo el producto en lugar de tallarlo, la reproducción de superficies complejas es más sencilla. Por otro lado, dentro de las ventajas del sistema tallable es que los discos de material ya presentan sus propiedades mecánicas consolidadas, no requieren que pase tiempo como en los materiales de autocurado y no requieren de procedimientos adicionales fuera de un lavado y/o pulido para eliminar limallas o restos

de soportes, mientras que en el sistema aditivo el producto impreso obligatoriamente debe ser sometido a un régimen de post-curado generalmente mediante luz ultravioleta para conseguir la mayor transformación de monómero a polímero posible y con eso mejorar las propiedades mecánicas de la resina. (20)

***Flujo análogo (PMMA) v/s flujo análogo (Bisacrílico):*** Es importante hacer notar que cada grupo de técnicas, sea analógicas o digitales, tienen diversos métodos, insumos y equipamiento, lo que hace complejo la estandarización de dichas técnicas, en el caso de la restauraciones provisionales analógicas, la metodología divide los provisionales en: en base a metacrilatos y en base de resinas bisacrílicas, dentro de ellas también encontramos modificaciones como son las resinas de uretano y distintos derivados del BIS-GMA en el caso de las bisacrílicas.

El análisis de resultados muestra que en general las resinas bisacrílicas poseen una mayor resistencia flexural que el PMMA, mayor siendo esta estadísticamente significativa en relación al PMMA, esto se puede atribuir a la naturaleza heterogénea de las resinas bisacrílicas, ya que éstas contienen relleno, monómeros reactivos, entre otros componentes. (30, 32, 34)

Además, los polímeros de las resinas bisacrílicas tienen la capacidad de generar entrecruzamientos entre ellas (crosslinking), lo que da un patrón en forma de red que soporta mejor las cargas funcionales. (34)

Por otro lado, el PMMA genera una matriz en la cual no hay entrecruzamiento entre sus polímeros y que, además, tiene un patrón lineal, pudiendo esto explicar en parte su menor resistencia flexural. (34) Otro factor que podría explicar este resultado es que las resinas bisacrílicas en general tienen sistemas de automezcla, eliminando el factor de error humano al momento de dispensar el material y también de la incorporación de aire a la mezcla, lo que también debilita al material al momento de recibir fuerzas, a diferencia del PMMA, el cual presenta algunos productos que son de automezcla y otros en los cuales el dispensado queda a cargo del operador. (38)

En cuanto al ajuste, el único estudio que hace referencia al tema fue realizado por Nejatidanesh, en el año 2006, indica que el ajuste obtenido con coronas provisionales

de acrílico y de resina bis-acrítica es similar. En este estudio se ocuparon 2 materiales con base en PEMA, 1 con base VEMA y uno con base BIS-GMA, a pesar de que uno de los materiales con base de PEMA dio un tamaño de gap estadísticamente mayor, el análisis final indica que el ajuste de estos materiales es equiparable. Por lo que el grado de ajuste no debería considerarse al momento de discriminar qué material de flujo análogo ocupar para provisionalizar.

En la propiedad de estabilidad de color, que resulta especialmente importante en la estética y sobre todo con pacientes exigentes, el PMMA mostró una estabilidad de color superior a la de las resinas bisacrílicas. En los tres estudios que analizaron esta materia, el PMMA mostró una mayor estabilidad cuando era sometido a distintas soluciones que generan tinciones, como el café, té, bebida cola y saliva artificial, siendo esta última usada como grupo de control. (6, 28, 33)

La coloración de las coronas provisorias a elementos que los pueden teñir como el té se puede explicar debido a que durante el proceso de polimerización pueden generar fisuras. En dichas fisuras los colorantes menos polares y los polifenoles solubles en agua del té pueden penetrar profundamente los materiales. Las variaciones químicas, como la distribución de las partículas de PMMA, estabilidad de los pigmentos y eficiencia del sistema iniciador pueden llevar a distintos grados de polimerización y sorción de agua, lo que afecta la estabilidad de color. La decoloración química se ha atribuido a la oxidación de la matriz polimérica o a la oxidación de los dobles enlaces sin reaccionar de los monómeros residuales y la subsecuente formación de productos de degradación por difusión de agua. (28, 41-44)

Es importante mencionar que el tiempo de inmersión es crítico para la estabilidad del color, mientras mayor sea la inmersión del material en el agente, mayor será el grado de cambio colorimétrico (28). El por qué un tipo de material se tiñe más que el otro ocurre debido a que los materiales con base de PMMA tienen una composición más homogénea. Debido a la composición más heterogénea de las resinas bisacrílicas, los pigmentos son capaces de infiltrar más, causando mayor pigmentación. Las resinas bisacrílicas tienen una matriz orgánica, relleno inorgánico en adición a monómeros como el BIS-GMA y el TEGDMA. Los monómeros y sus

derivados proveen mejores propiedades mecánicas, reducción de la contracción de polimerización y buen pulido, sin embargo, la mezcla de monómeros puede ser dañina para la estabilidad de color, considerando que la mayoría de las resinas bisacrílicas son más polares que las acrílicas. Dicha característica química incrementa la afinidad de las resinas bisacrílicas por las moléculas de líquidos polares (6). Por lo tanto, si bien las resinas bisacrílicas exhiben mejor comportamiento mecánico, presentan un comportamiento inferior en cuanto a estabilidad de color versus el PMMA y eso puede ser determinante para un caso donde se requiere de alta estética por un tiempo de provisionalización prologando.

Dentro de las similitudes de los materiales se puede mencionar que las propiedades mecánicas de ambos materiales son bajas luego de los primeros momentos de polimerizado el material. (31) Es luego de un período de 24 a 48 horas que los materiales pasan por un período de “post-polimerizado”, en el cual se estabiliza la matriz polimérica y con eso mejoran las propiedades mecánicas. Es importante mencionar este punto a los pacientes, ya que en general los provisorios de flujo análogos son hechos en la misma consulta, y luego de recién hechos no van a tener una resistencia adecuada a alimentos de consistencia muy dura o para funciones muy marcadas.

***Fujo digital (SLA) v/s Flujo digital (DLP):*** Para los materiales digital aditivos es importante mencionar que, la técnica más utilizada en el campo odontológico y por tanto la que tiene más evidencia de respaldo es la Estereolitografía (SLA), seguido de Digital Light Processing (DLP). Independientemente del tipo de técnica. Además de eso, la angulación seleccionada también influye en la veracidad y precisión de lo que se quiere imprimir, siendo esto la concordancia de las medidas obtenidas con las medidas del archivo STL y reproducción de las mismas medidas en distintos productos generados a través del mismo archivo STL. (25-27)

Luego del análisis de resultados, existen 4 estudios que mencionan materiales digital aditivos y de distintas técnicas para la impresión en 3 dimensiones. (24-27)

Kim en el año 2016 y Alharbi, en sus dos estudios, hacen referencia a la técnica Estereolitografía (SLA): Se reporta que el ángulo de construcción y el tipo de soporte

ocupado para ello (fino), influyen en la precisión dimensional de las coronas. El ángulo de 120° fue el más favorable para ello (24, 25).

En cuanto a la construcción vertical v/s horizontal en la medición de la resistencia flexural se reporta que los especímenes impresos de forma vertical tuvieron valores de resistencia flexural mayores a los impresos en forma horizontal. Esto se puede explicar principalmente a que las capas son impresas en cierta orientación dependiendo del ángulo que se seleccione para la construcción del producto. Por ejemplo, un cilindro impreso en dirección vertical va a tener capas que son perpendiculares a una fuerza vertical, mientras que, uno impreso de manera horizontal va a presentar capas orientadas de manera paralela a una fuerza vertical. En los especímenes impresos de manera horizontal la unión de las capas estaba en dirección de la fuerza. Al ser sometido a carga se generó estrés por tensión en la zona media del material, resultando en la separación y desplazamiento de las capas. Como consecuencia, se propagan cracks a partir de la separación de las capas. (24-26)

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, es importante que las capas impresas queden orientadas de tal manera en que ojalá enfrenten a la fuerza de manera perpendicular, para que el material tenga un mejor comportamiento mecánico, ya que es más difícil que se rompa la adhesión entre capas de esta manera. (24-26) por lo tanto se recomienda la impresión en forma vertical, sobre todo en pacientes con mayor necesidad de resistencia a fuerzas oclusales.

Osman, en el año 2017, hace referencia a la técnica digital light processing (DLP) y también reporta que el ángulo de construcción del producto juega un papel importante. Siendo las angulaciones que obtienen mayor precisión 210° y 135°. Esto se debe a que con estas angulaciones el producto a imprimir tiene una mayor superficie de auto-soporte en la plataforma de impresión. Mientras menos auto-soporte tenga un producto, va a requerir de más soportes (finos o gruesos) en el diseño web, que luego deben ser cortados y la zona a la que estaban adosados pulida de manera manual, lo que puede interferir con la precisión y o el ajuste. (27)

Para los materiales digital aditivos es importante mencionar que, la técnica más utilizada en el campo odontológico y por tanto la que tiene más evidencia de respaldo es la Estereolitografía (SLA), seguido de Digital Light Processing (DLP). Independientemente del tipo de técnica. Además de eso, la angulación seleccionada también influye en la veracidad y precisión de lo que se quiere imprimir, siendo esto la concordancia de las medidas obtenidas con las medidas del archivo STL y reproducción de las mismas medidas en distintos productos generados a través del mismo archivo STL. (9, 11)

## CONCLUSIONES

Es posible establecer una comparación entre los provisorios de flujo digital y los de técnica Analógica. La mayor cantidad de evidencia se concentra en la comparación flujo digital sustractivo v/s flujo análogo, mientras que las otras combinaciones posibles requieren de más evidencia.

Los provisorios confeccionados mediante flujo digital sustractivo y flujo digital aditivo cumplen con los requisitos mínimos para ser ocupados en boca, en especial en lo que se refiere a resistencia flexural y ajuste.

Las propiedades más estudiadas y, por lo tanto, las que tienen más evidencia disponible para flujo digital, tanto sustractivo como aditivo, son la resistencia flexural, resistencia a la fractura, ajuste marginal e interno. El flujo análogo al llevar mucho más tiempo de uso posee mayor cantidad de evidencia en las propiedades antes mencionadas, sumándole la estabilidad de color.

Se requiere más evidencia para establecer fehacientemente que el flujo digital (sustractivo y/o aditivo) es superior al flujo analógico.

## **SUGERENCIAS**

Queda en evidencia la necesidad de que se realicen más estudios experimentales in vitro, donde se comparen provisionales realizados en base a los distintos flujos análogo y digital, que permitan evaluar la mayoría de las propiedades mencionadas.

Se hace necesario estandarizar las pruebas, las unidades de medición, los troqueles y/o modelos de ensayo, para poder obtener resultados comparables que permitan realizar revisiones sistemáticas.

Es necesario además que se diseñen estudios clínicos para evaluar la correlación de las propiedades descritas y el desempeño clínico.

## REFERENCIAS

1. Kang SY, Park JH, Kim JH, Kim WC. Accuracy of provisional crowns made using stereolithography apparatus and subtractive technique. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(5):354-60.
2. Digholkar S, Madhav VN, Palaskar J. Evaluation of the flexural strength and microhardness of provisional crown and bridge materials fabricated by different methods. *J Indian Prosthodont Soc.* 2016;16(4):328-34.
3. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó A, Almerich-Silla JM. Correction: Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2018;13(4):e0196264.
4. Lee WS, Lee DH, Lee KB. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(4):265-70.
5. Schwantz JK, Oliveira-Ogliari A, Meereis CT, Leal FB, Ogliari FA, Moraes RR. Characterization of Bis-Acryl Composite Resins for Provisional Restorations. *Braz Dent J.* 2017;28(3):354-61.
6. Mazaro JVQ, Minani LM, Zavanelli AC, Mello CCd, Lemos CAA. Evaluation of color stability of different temporary restorative materials. *Revista de Odontologia da UNESP.* 2015;44:262-7.
7. Rosentritt M, Raab P, Hahnel S, Stöckle M, Preis V. In-vitro performance of CAD/CAM-fabricated implant-supported temporary crowns. *Clin Oral Investig.* 2017;21(8):2581-7.
8. 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.* 2018;34(2):192-200.
9. Revilla-León M, Meyers MJ, Zandinejad A, Özcan M. A review on chemical composition, mechanical properties, and manufacturing work flow of additively manufactured current polymers for interim dental restorations. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(1):51-7.

10. Keul C, Seidl J, Güth JF, Liebermann A. Impact of fabrication procedures on residual monomer elution of conventional polymethyl methacrylate (PMMA)-a measurement approach by UV/Vis spectrophotometry. *Clin Oral Investig.* 2020;24(12):4519-30.
11. Revilla-León M, Özcan M. Additive Manufacturing Technologies Used for Processing Polymers: Current Status and Potential Application in Prosthetic Dentistry. *J Prosthodont.* 2019;28(2):146-58.
12. Alsandi Q, Ikeda M, Nikaido T, Tsuchida Y, Sadr A, Yui N, et al. Evaluation of mechanical properties of new elastomer material applicable for dental 3D printer. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019;100:103390.
13. Peng CC, Chung KH, Ramos V. Assessment of the Adaptation of Interim Crowns using Different Measurement Techniques. *J Prosthodont.* 2020;29(1):87-93.
14. Mai HN, Lee KB, Lee DH. Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *J Prosthet Dent.* 2017;118(2):208-15.
15. Alt V, Hannig M, Wöstmann B, Balkenhol M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. *Dent Mater.* 2011;27(4):339-47.
16. Dureja I, Yadav B, Malhotra P, Dabas N, Bhargava A, Pahwa R. A comparative evaluation of vertical marginal fit of provisional crowns fabricated by computer-aided design/computer-aided manufacturing technique and direct (intraoral technique) and flexural strength of the materials: An. *J Indian Prosthodont Soc.* 2018;18(4):314-20.
17. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(3):258-63.
18. Peñate L, Basilio J, Roig M, Mercadé M. Comparative study of interim materials for direct fixed dental prostheses and their fabrication with CAD/CAM technique. *J Prosthet Dent.* 2015;114(2):248-53.
19. Kelvin Khng KY, Ettinger RL, Armstrong SR, Lindquist T, Gratton DG, Qian F. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns. *J Prosthet Dent.* 2016;115(5):617-23.

20. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. *J Prosthet Dent.* 2014;112(3):649-57.
21. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthet Dent.* 2015;114(3):414-9.
22. Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth: Chipping and Indirect Tensile Fracture Resistance. *Materials (Basel).* 2018;11(10).
23. Park GS, Kim SK, Heo SJ, Koak JY, Seo DG. Effects of Printing Parameters on the Fit of Implant-Supported 3D Printing Resin Prosthetics. *Materials (Basel).* 2019;12(16).
24. Kim DY, Jeon JH, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Reproducibility of different arrangement of resin copings by dental microstereolithography: Evaluating the marginal discrepancy of resin copings. *J Prosthet Dent.* 2017;117(2):260-5.
25. Alharbi N, Osman R, Wismeijer D. Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations. *J Prosthet Dent.* 2016;115(6):760-7.
26. Alharbi N, Osman RB, Wismeijer D. Factors Influencing the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Full-Coverage Dental Restorations Using Stereolithography Technology. *Int J Prosthodont.* 2016;29(5):503-10.
27. Osman RB, Alharbi N, Wismeijer D. Build Angle: Does It Influence the Accuracy of 3D-Printed Dental Restorations Using Digital Light-Processing Technology? *Int J Prosthodont.* 2017;30(2):182-8.
28. Jalali H, Dorriz H, Hoseinkhezri F, Emadian Razavi SF. In vitro color stability of provisional restorative materials. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):388-92.
29. Nejatidanesh F, Lotfi HR, Savabi O. Marginal accuracy of interim restorations fabricated from four interim autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent.* 2006;95(5):364-7.

30. Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Scheidel D, Erickson RL, Latta MA, et al. Mechanical Properties and Simulated Wear of Provisional Resin Materials. *Oper Dent*. 2015;40(6):603-13.
31. Balkenhol M, Ferger P, Mautner MC, Wöstmann B. Provisional crown and fixed partial denture materials: mechanical properties and degree of conversion. *Dent Mater*. 2007;23(12):1574-83.
32. Kerby RE, Knobloch LA, Sharples S, Peregrina A. Mechanical properties of urethane and bis-acryl interim resin materials. *J Prosthet Dent*. 2013;110(1):21-8.
33. Bayindir F, Kürklü D, Yanikoğlu ND. The effect of staining solutions on the color stability of provisional prosthodontic materials. *J Dent*. 2012;40 Suppl 2:e41-6.
34. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. *J Prosthodont*. 2009;18(6):507-11.
35. Gujjari AK, Bhatnagar VM, Basavaraju RM. Color stability and flexural strength of poly (methyl methacrylate) and bis-acrylic composite based provisional crown and bridge auto-polymerizing resins exposed to beverages and food dye: an in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2013;24(2):172-7.
36. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil*. 2014;41(11):853-74.
37. Karaman T, Eser B, Altintas E, Atala MH. Evaluation of the effects of finish line type and width on the fracture strength of provisional crowns. *Odontology*. 2021;109(1):76-81.
38. Karaokutan I, Sayin G, Kara O. In vitro study of fracture strength of provisional crown materials. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(1):27-31.
39. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am*. 2019;63(2):175-97.
40. Linkevičius T. Año 2019. Zero Bone Loss Concepts. 1th Edition. Editorial Quintessence Publishing. ISBN-13: 978-0867157994
41. Lovell LG, Lu H, Elliott JE, Stansbury JW, Bowman CN. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. *Dent Mater*. 2001;17(6):504-11.

42. Ge J, Trujillo M, Stansbury J. Synthesis and photopolymerization of low shrinkage methacrylate monomers containing bulky substituent groups. *Dent Mater.* 2005;21(12):1163-9.
43. Figuerôa RMS, Conterno B, Arrais CAG, Sugio CYC, Urban VM, Neppelenbroek KH. Porosity, water sorption and solubility of denture base acrylic resins polymerized conventionally or in microwave. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20170383.
44. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent.* 2020;123(2):349-54.
45. Padrós R, Giner L, Herrero-Climent M, Falcao-Costa C, Ríos-Santos JV, Gil FJ. Influence of the CAD-CAM Systems on the Marginal Accuracy and Mechanical Properties of Dental Restorations. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(12).
46. Lövgren N, Roxner R, Klemendz S, Larsson C. Effect of production method on surface roughness, marginal and internal fit, and retention of cobalt-chromium single crowns. *J Prosthet Dent.* 2017;118(1):95-101.
47. Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Vult von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dent Mater.* 2011;27(4):356-63.
48. Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, Al-Wazzan K, Rifaiy MA, Al Jabbari YS. Selective Laser Melting Technique of Co-Cr Dental Alloys: A Review of Structure and Properties and Comparative Analysis with Other Available Techniques. *J Prosthodont.* 2015;24(4):303-12.
49. Anusevice, K. Año 2013. Phillips` Science of Dental Material12h Edition. Editorial Elsevier ISBN 978-1-4377-2418-9
50. Craig, R. Año 2019. Restorative Dental Materials 14th Edition. Editorial Elsevier ISBN 978-0-323-47821-2
51. Van Noort, R. Año 2013. Introduction to Dental Materials 4th Edition. Editorial Elsevier. ISBN 978-0-7234-3781-9