

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



“Comparación de las características clínicas y mecánicas de las prótesis totales convencionales acriladas frente a la prótesis totales fresadas en polimetilmetacrilato (PMMA): Revisión de la literatura ”

Estudiantes

Loren del Jesus 22-0179

Kevin Martinez 22-0594

Docente especializado

Dr. Victor Elias Lappost Espiritusanto

Docente titular

Dra. Helen Josefina Rivera Estaba

Los conceptos emitidos en el presente trabajo final son de la exclusiva responsabilidad de los estudiantes

Santo Domingo, DN.

13 de noviembre de 2025

ABSTRACT

La presente investigación tuvo como objetivo comparar las características clínicas, mecánicas y biológicas de las prótesis totales convencionales acriladas frente a las prótesis totales fresadas en polimetilmetacrilato (PMMA), empleando como base la evidencia científica reciente publicada entre los años 2020 y 2025. Este estudio se desarrolló mediante una revisión exhaustiva de la literatura, con el propósito de analizar los avances que la odontología digital ha aportado a la rehabilitación oral de pacientes edéntulos totales.

Los objetivos específicos consistieron en: evaluar la adaptación clínica y la comodidad del paciente mediante la comparación entre ambos tipos de prótesis; analizar la relación entre la resistencia mecánica y la durabilidad funcional de las bases fresadas frente a las convencionales; e identificar las diferencias en biocompatibilidad, formación de biopelícula y facilidad de mantenimiento, determinando su impacto clínico a corto y largo plazo. Para ello, se consultaron artículos científicos, revisiones sistemáticas y ensayos clínicos disponibles en bases de datos internacionales como PubMed, Scopus y ScienceDirect.

Los resultados evidenciaron que las prótesis fresadas mediante tecnología CAD/CAM presentan ventajas significativas respecto a las convencionales. Entre los hallazgos más relevantes destacan una mayor resistencia a la flexión y al impacto, una menor porosidad y liberación de monómero residual, así como una mejor adaptación marginal y mayor comodidad reportada por los pacientes. Además, la estandarización industrial del PMMA prepolimerizado contribuye a una mejor biocompatibilidad y una reducción en la formación de biopelícula, favoreciendo la salud de los tejidos blandos y la durabilidad del tratamiento.

Sin embargo, se identificaron limitaciones relacionadas con el alto costo inicial de los equipos CAD/CAM y la necesidad de capacitación profesional para su implementación generalizada. A pesar de ello, la evidencia revisada sugiere que las prótesis fresadas en PMMA constituyen una alternativa más predecible, resistente y biocompatible, con un impacto positivo tanto en la práctica clínica como en la calidad de vida del paciente. Se recomienda la realización de estudios clínicos longitudinales que evalúen su

comportamiento a largo plazo y promuevan la accesibilidad de las tecnologías digitales en contextos odontológicos diversos.

Palabras clave: prótesis total, PMMA, CAD/CAM, odontología digital, biocompatibilidad, resistencia mecánica.

AGRADECIMIENTOS

Kevin Martínez

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por concederme la fortaleza, la paciencia y la sabiduría necesarias para superar cada reto y alcanzar este importante logro. Su presencia constante ha sido mi guía en los momentos de incertidumbre y mi sostén en los días de mayor cansancio. Este trabajo y cada paso recorrido representan el reflejo de Su gracia y bendición en mi vida.

A mi madre, Carolyn Martínez, a mi abuela, Carmen Arroyo, y a mi tía, Charityn Martínez, les dedico este logro con todo mi corazón. Gracias por ser el motor de mi esfuerzo y los pilares que han sostenido mis sueños. Su amor incondicional, su confianza en mí y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles fueron el impulso que me mantuvo firme cuando las fuerzas escaseaban. Sin su apoyo y sacrificio, nada de esto habría sido posible. Cada logro alcanzado en esta etapa les pertenece tanto a ustedes como a mí.

También quiero expresar mi sincero agradecimiento a Harrington Wilkes, una persona que, en una etapa importante de mi vida, me motivó a salir de mi zona de confort y creer en mis capacidades. Gracias a esa inspiración y empuje, tomé la decisión valiente de emigrar a la República Dominicana para perseguir mi sueño de convertirme en odontólogo. Ese gesto marcó el inicio de una nueva etapa personal y profesional que hoy culmina con orgullo y satisfacción.

A cada una de las personas que formaron parte de este camino —amigos, compañeros, docentes y familiares— les agradezco profundamente por su apoyo, por las palabras de ánimo y por acompañarme, de una u otra forma, en este proceso lleno de esfuerzo, aprendizaje y crecimiento. Este logro no es solo mío: es el resultado del amor, la fe y la confianza de quienes creyeron en mí incluso cuando yo dudaba. A todos, gracias por ser parte de este sueño hecho realidad.

Loren Del Jesus

Agradezco profundamente a Dios por ser mi guía y fortaleza en todo momento. A mi madre, Mercedes Tavera, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo; a mi padre, Julio Del Jesus, por su apoyo constante y sus sabios consejos; a mi esposo, Wilson Peña, por su comprensión, paciencia y acompañamiento durante este proceso; a mis hermanas, por su cariño y palabras de aliento que siempre me sostuvieron; y con especial amor, a mi hija, Amina Peña, mi mayor inspiración y motivo para seguir avanzando con fe y determinación. Extiendo mi agradecimiento a mi asesor, Víctor Lappost, por su orientación, dedicación y valiosas aportaciones para el desarrollo de este trabajo. Finalmente, agradezco a cada miembro de mi familia que aportó su granito de arena, apoyo y motivación para que esta meta hoy sea una realidad. A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental de este logro.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9-10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11-12
3.OBJETIVOS	13
3.1 GENERAL	13
3.2 ESPECÍFICOS	13
4. MARCO TEÓRICO	14
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	14-15
4.1.1. ANTECEDENTES DEL POLIMETILMETACRILATO EN PRÓTESIS DENTALES	15-16
4.1.2 INDICACIONES Y OBJETIVOS DE LAS PRÓTESIS DENTALES	16
4.1.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO Y FUNCIÓN	17
4.2 MATERIALES ACRÍLICOS EN ODONTOLOGÍA PROTÉSICA	17-18
4.2.1. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL PMMA	18-19
4.2.2.TIPOS DE PMMA: CONVENCIONAL, TERMOPOLIMERIZABLE, AUTOPOLIMERIZABLE, CAD/CAM, FRESADO, IMPRESO 3D	19-20
4.2.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES GENERALES DEL PMMA	20-22
4.3. PRÓTESIS CONVENCIONAL EN PMMA TERMOPOLIMERIZADO	22-23
4.3.1. TÉCNICA DE ELABORACIÓN: MOLDEO DE COMPRESIÓN EN MUFLA	23

4.3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ESTÉTICAS	24
4.3.3. TIEMPO CLÍNICO Y LABORATORIO	25
4.3.4. DESGASTE, RETENCIÓN Y AJUSTES	25
4.3.5. REPORTE DE DURABILIDAD Y COMPORTAMIENTO CLÍNICO	26
4.4. TECNOLOGÍA CAD/CAM EN LA ODONTOLOGÍA PROTÉSICA	26-27
4.4.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA CAD/CAM EN PRÓTESIS	27-28
4.4.2. COMPARACIÓN ENTRE FRESADO Y FOTOPOLIMERIZACIÓN 3D	28-29
4.4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS Y VENTAJAS CLÍNICAS	29
4.4.4. PRECISIÓN, TIEMPO DE FABRICACIÓN Y AJUSTE	29-30
4.4.5. ESTETICA, ADAPTACIÓN Y POROSIDAD	30-31
4.5. COMPARACIÓN ENTRE TECNICA CONVENCIONALES Y DIGITALES	31
4.5.1. PRECISIÓN MARGINAL Y AJUSTE	32
4.5.2. RESISTENCIA MECÁNICA	32-33
4.5.3. POROSIDAD Y ABSORCIÓN DE LÍQUIDOS	33
4.5.4. TIEMPO DE TRABAJO Y REPRODUCIBILIDAD	34
4.5.5. ESTÉTICA Y COLOR	34
4.5.6. COSTO Y ACCESIBILIDAD	34-35

4.5.7. COMODIDAD DEL PACIENTE	35
4.6. BIOCOMPATIBILIDAD Y REACCIONES ADVERSAS	35-36
4.6.1. IRRITACIÓN, ALERGIAS Y LIBERACIÓN DE MONÓMERO RESIDUAL	36-37
4.6.2. COMPARACIÓN DE BIOCOMPATIBILIDAD ENTRE TÉCNICAS	37
4.7. RELEVANCIA CLÍNICA ACTUAL Y FUTURO DE LA ODONTOLOGÍA DIGITAL	38
4.7.1. SUSTITUCIÓN PROGRESIVA DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES	39
4.7.2. APLICABILIDAD DE CAD/CAM EN PACIENTES EDÉNTULOS TOTALES	39-40
4.8. ESTUDIOS COMPARATIVOS PREVIOS	40
4.8.1. REVISIÓN DE LITERATURA ACTUALIZADA: 2020-2025	41
4.8.2. PRINCIPALES HALLAZGOS DE ESTUDIOS SIMILARES	41-42
4.8.3. ESTUDIOS CLÍNICOS VS. IN VITRO	42-43
5. MARCO METODOLÓGICO	42-44
6. DISCUSIÓN	47 - 52
7. CONCLUSIONES	53-54
8. RECOMENDACIONES	55

1. INTRODUCCIÓN

La revolución digital en odontología ha transformado por completo la forma en que se fabrican las prótesis totales. Una de las innovaciones más destacadas es la incorporación de tecnologías CAD/CAM, que permiten fresar con alta precisión bloques pre-polimerizados de PMMA, superando en muchos aspectos a las tradicionales técnicas de acrilado con resinas convencionales.¹

Los bloques fresados de PMMA, que han sido fabricado en condiciones baja controladas de alta presión y temperatura, presenta mayor resistencia a la flexión y dureza superficial, así como una menor porosidad y contenido de monómero residual comparándolos con las prótesis convencionales termo-polimerizadas.²

Asimismo, la superficie más suave de la prótesis fresada permite una menor adhesión microbiana, lo que hace que tenga mejor biocompatibilidad. Las características como la estabilidad dimensional, duración de la prótesis y su ajuste sobre los tejidos orales logran ser mejor en la prótesis realizadas con bloques fresados, ya que se fabrican en condiciones controladas dentro de una industrias, lo que garantiza mayor precisión y calidad. No obstante, la evidencia clínica aún es variada y limitada en ciertos estudios. Mientras algunas revisiones sistemáticas tienen en conclusión que las prótesis fresadas tienen propiedades mecánicas mayores, otras señalan la necesidad de más investigaciones clínicas de alta calidad.³

La adopción de tecnologías CAD/CAM ha permitido, además, una mejora en la uniformidad y homogeneidad de los materiales utilizados para prótesis dentales. Al emplearse bloques prepolimerizados de PMMA fabricados bajo estándares industriales estrictos, se aseguran propiedades óptimas como baja porosidad, liberación mínima de monómero y alta dureza superficial. Estas características son críticas para reducir el riesgo de fracturas, desgaste prematuro y acumulación de biopelícula, aspectos que pueden comprometer tanto la funcionalidad como la salud oral del paciente. Estudios in vitro también han demostrado mejoras sustanciales en la resistencia a la flexión mecánica de prótesis fresadas, con valores promedio de alrededor de 120 MPa frente a 92 MPa en prótesis termo-polimerizadas

convencionales. Esto se traduce en estructuras más robustas capaces de soportar las fuerzas masticatorias habituales y eventos accidentales, lo que sugiere un mayor potencial de durabilidad clínica cuando se llevan a cabo bajo condiciones estándar.⁴

Este trabajo propone revisar la literatura para comparar las características clínicas como son la biocompatibilidad, adaptación, confort y mecánicas como la resistencia a la flexión, dureza, estabilidad dimensional de prótesis totales convencionales versus prótesis totales fresadas en PMMA, con el fin de orientar decisiones clínicas basadas en evidencias.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las Prótesis totales continúan siendo una solución esencial para pacientes edéntulos, particularmente en poblaciones adultas mayores. Tradicionalmente, estas prótesis se han confeccionado mediante técnicas de polimerización convencional utilizando resinas acrílicas. Sin embargo, con la irrupción de las tecnologías digitales en odontología, han emergido alternativas como las prótesis fresadas en bloques de polimetilmetacrilato (PMMA), fabricadas mediante sistemas CAD/CAM. Estas prótesis prometen ventajas significativas en términos de precisión, durabilidad, biocompatibilidad y confort para el paciente.⁵

Los estudios in vitro han mostrado que los bloques prepolimerizados de PMMA, empleados en la fabricación digital, presentan una mayor resistencia a la flexión, mejor estabilidad dimensional y una menor porosidad en comparación con las prótesis convencionales termo-curadas. Esta mejora estructural se atribuye al proceso industrial estandarizado al que se someten estos bloques, los cuales son producidos bajo alta presión y temperatura, garantizando homogeneidad y una menor cantidad de monómero residual. Dichas propiedades no solo suponen ventajas desde el punto de vista mecánico, sino también clínico, al favorecer una menor adhesión bacteriana y una mayor higiene de la prótesis.⁶

Sin embargo, a pesar de los beneficios teóricos y los buenos resultados en laboratorio, la evidencia clínica disponible aún es limitada y heterogénea. Diversas revisiones sistemáticas han señalado la escasez de estudios clínicos aleatorizados que comparen directamente las prótesis convencionales con las fresadas en contextos reales. Muchas de las investigaciones existentes se centran exclusivamente en propiedades mecánicas, sin considerar aspectos fundamentales como la comodidad del paciente, el grado de adaptación funcional, la retención, la estabilidad durante la masticación o la durabilidad en boca a largo plazo.⁷

Esta falta de consenso clínico genera incertidumbre tanto para el profesional como para el paciente al momento de seleccionar el tipo de prótesis más adecuado. Dado que la inversión en tecnologías CAD/CAM puede ser considerable, es crucial determinar si realmente ofrecen una ventaja sustancial sobre las técnicas convencionales o si los beneficios se limitan al entorno experimental.

En esta revisión de literatura se pretende dar respuestas a la siguientes Interrogantes:

1. ¿Mejora la adaptación clínica y la comodidad del paciente con prótesis fresadas en comparación con las convencionales acriladas?
2. ¿La mayor resistencia mecánica observada en las prótesis fresadas se traduce efectivamente en una mayor durabilidad y funcionalidad en la cavidad oral?
3. ¿Existen diferencias clínicamente significativas en términos de biocompatibilidad, formación de biopelícula y mantenimiento entre ambos tipos de prótesis?

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Comparar las características clínicas y mecánicas de las prótesis totales convencionales acriladas frente a la prótesis totales fresadas en PMMA

3.2 ESPECÍFICOS

- Evaluar la adaptación clínica y la comodidad del paciente mediante la comparación entre prótesis totales fresadas en PMMA y prótesis convencionales acriladas, según la evidencia disponible en la literatura científica.

- Analizar la relación entre la resistencia mecánica y la durabilidad funcional de las prótesis fresadas frente a las convencionales.

- identificar las diferencias en biocompatibilidad, formación de biopelícula y facilidad de mantenimiento entre las prótesis fresadas y las acriladas, identificando su impacto clínico a corto y largo plazo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La rehabilitación oral mediante prótesis totales ha atravesado un largo proceso de evolución, influenciado por avances tecnológicos, descubrimientos científicos y necesidades estéticas y funcionales de la población. Los primeros registros de dispositivos protésicos se remontan al siglo VII a.C., cuando los etruscos utilizaban dientes humanos o animales unidos con bandas de oro, mostrando ya un interés por restaurar la función masticatoria y la apariencia dental perdida. Esta práctica rudimentaria sentó las bases para el desarrollo de soluciones protésicas más complejas. Por su parte, en Japón durante el siglo XVI, se fabricaban dentaduras de madera moldeadas con cera para adaptarse a la boca del paciente, un método que perduró hasta bien entrado el siglo XIX, destacando por su ingenioso uso de materiales locales y técnicas artesanales ⁹.

Durante el siglo XVIII, Pierre Fauchard, considerado el padre de la odontología moderna, incorporó estructuras metálicas en la confección de prótesis, mejorando la retención y funcionalidad de estas. Asimismo, Alexis Duchâteau introdujo los dientes de cerámica, mejorando notablemente la estética de las dentaduras. Estos avances reflejan una transición progresiva desde técnicas artesanales hacia métodos más científicos y estandarizados en la fabricación protésica ¹⁰.

Ya en el siglo XIX, la introducción de la vulcanita —una forma endurecida de caucho— revolucionó la odontología protésica al ofrecer un material más accesible, resistente y anatómicamente adaptable. Sin embargo, el verdadero hito llegó en la década de 1930 con el descubrimiento del polimetilmetacrilato (PMMA) por Otto Röhm. Este polímero sintético pronto se convirtió en el estándar para la confección de bases protésicas, debido a sus propiedades estéticas, buena resistencia mecánica y facilidad de reparación ¹¹.

En 1942, Pryor perfeccionó el sistema de inyección para la fabricación de prótesis, lo que permitió reducir la contracción del material durante la polimerización, mejorando así la adaptación clínica de las bases dentales. Desde entonces, el PMMA termo-curado se ha mantenido como el material preferido en la confección de prótesis completas, consolidando su papel fundamental en la odontología restauradora a lo largo del siglo XX ⁹.

4.1.1. ANTECEDENTES DEL POLIMETILMETACRILATO EN PRÓTESIS DENTALES

El polimetilmetacrilato (PMMA) se introdujo en odontología protésica en la década de 1930, cuando Otto Röhm y su equipo desarrollaron este polímero sintético con propiedades adecuadas para la confección de bases de prótesis dentales¹¹. Antes de su aparición, los materiales utilizados incluían caucho vulcanizado y cerámica, los cuales presentaban limitaciones en estética, biocompatibilidad y facilidad de manipulación. El PMMA se consolidó rápidamente como el material estándar debido a su bajo peso, color similar a la mucosa oral y facilidad para ser moldeado y reparado en laboratorio. Durante las décadas posteriores, se optimizaron los métodos de polimerización principalmente la técnica por calor y presión en mufla—, lo que permitió mejorar la estabilidad dimensional y la resistencia mecánica de las prótesis. En 1942, Pryor introdujo el sistema de inyección de resina para bases protésicas, reduciendo la contracción del material durante la polimerización y mejorando la adaptación clínica. Estos avances situaron al PMMA como el material de referencia durante gran parte del siglo XX ⁵.

Con el auge de la investigación en biomateriales a finales del siglo XX y principios del XXI, se incorporaron modificaciones al PMMA, como fibras de refuerzo, partículas cerámicas y aditivos antimicrobianos, con el objetivo de mejorar su resistencia, reducir la porosidad y minimizar la liberación de monómero residual ^{9,10}. Más recientemente, la llegada de las tecnologías CAD/CAM y la impresión 3D ha permitido utilizar bloques prepolimerizados de PMMA con propiedades superiores, fabricados bajo condiciones industriales controladas,

ofreciendo mayor homogeneidad, resistencia a la flexión y biocompatibilidad en comparación con el material procesado convencionalmente ⁶.

Estos desarrollos han marcado un cambio significativo en la práctica clínica actual, donde el PMMA, en sus distintas variantes, continúa siendo el material más utilizado para la confección de prótesis totales, manteniendo un equilibrio entre coste, estética y funcionalidad.

4.1.2. INDICACIONES Y OBJETIVOS DE LAS PRÓTESIS DENTALES

Las prótesis totales (PT) se indican principalmente en pacientes con edentulismo completo, ya sea en uno o ambos maxilares, cuando la rehabilitación mediante prótesis fijas o implantes no es viable por razones anatómicas, económicas o de salud. Están recomendadas en casos de pérdida total de dientes con deterioro del soporte óseo, colapso de tejidos blandos faciales, alteraciones de la dimensión vertical y problemas de pronunciación o estética. También son útiles ante la inestabilidad o mala adaptación de prótesis previas que no pueden corregirse mediante rebase o ajustes funcionales, así como en prótesis inmediatas post-extracción para mantener función y estética durante la cicatrización ⁷.

El objetivo principal de las PT es restaurar la función masticatoria, facilitar la deglución y recuperar la capacidad del habla, corrigiendo fonemas afectados por la pérdida dental. Además, buscan mejorar la apariencia facial mediante el soporte de labios y tejidos blandos, así como ofrecer confort, retención y estabilidad. Estos objetivos se optimizan mediante un diseño adecuado de la prótesis y el uso de materiales con propiedades físicas y mecánicas favorables, incluyendo tecnologías modernas como los sistemas CAD/CAM, que incrementan la estabilidad dimensional, resistencia y compatibilidad del material con la mucosa bucal, contribuyendo a una rehabilitación integral y satisfactoria ⁸.

4.1.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO Y FUNCIÓN

Las prótesis totales (PT) se fundamentan en tres principios esenciales: retención, soporte y estabilidad, que permiten su correcto funcionamiento en el sistema estomatognático. La retención asegura que la prótesis permanezca en su lugar evitando movimientos verticales, mientras que el soporte permite que la mucosa y estructuras subyacentes resistan las fuerzas de masticación, usando principalmente el paladar duro y las crestas residuales. La estabilidad evita movimientos laterales o rotacionales y se logra con un ajuste adecuado de la base protésica. El diseño también considera la longitud de los bordes protésicos (flanges), que deben respetar los límites funcionales de los vestíbulos, y la forma de las áreas pulidas siguiendo la anatomía de labios y mejillas para optimizar la estabilidad durante masticación, habla y otras funciones orales.⁹

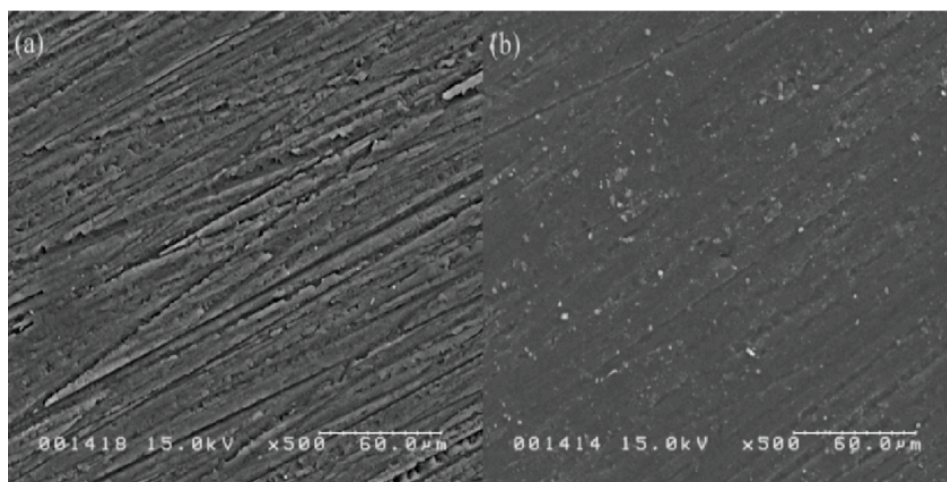
Además, el registro y restauración de las relaciones mandibulares es crucial, ajustando dimensión vertical, espacio libre funcional, línea media, plano de sonrisa y línea de caninos para lograr función y estética. Para un diseño oclusal adecuado se pueden emplear métodos como la oclusión balanceada bilateral, lingualizada, destacando la lingualizada por su estabilidad en rebordes poco definidos. La precisión del modelo anatómico depende de la impresión inicial y final, donde técnicas funcionales con distintos materiales permiten un mejor ajuste y menos correcciones posteriores. Finalmente, la colocación de dientes sigue principios de alineación tridimensional, inclinación de cúspides y respeto por la zona neutra, asegurando correcta distribución de cargas, evitando interferencias y aumentando el confort del paciente.¹⁰

4.2 MATERIALES ACRÍLICOS EN ODONTOLOGÍA PROTÉSICA

El polimetilmetacrilato (PMMA) es el material más utilizado para las bases de prótesis totales debido a su biocompatibilidad, facilidad de manejo, estética aceptable y bajo costo. A pesar de sus ventajas, presenta limitaciones mecánicas como fragilidad frente a cargas cíclicas y posibles porosidades o monómero residual al procesarse por polimerización

térmica, lo que afecta su resistencia y durabilidad. Para mejorar estas propiedades, se han desarrollado PMMA modificados con nanopartículas (sílice, zirconia, óxido de titanio), fibras de vidrio y aditivos orgánicos e inorgánicos, logrando mayor rigidez, resistencia al impacto y al desgaste sin comprometer la biocompatibilidad, siempre controlando las concentraciones de los refuerzos para mantener la integridad del material. Varios estudios han evidenciado que añadir estas partículas puede incrementar notablemente la rigidez del material, siempre que se mantengan concentraciones adecuadas. Varios estudios han evidenciado que añadir estas partículas puede incrementar notablemente la rigidez del material, siempre que se mantengan concentraciones adecuadas. (Fig 1) ¹¹

Figura 1. SEM de PMMA con recubrimiento de sílice (panel b), mostrando partículas esféricas de sílice integradas en la superficie del material.



Fuente: Alqahtani F, AlShehri HA, Gad MM. Reinforcement of PMMA denture base resin with different nanoparticles: Mechanical properties, surface roughness, and antifungal activity. *J Prosthodont Res.* 2022;66(4):590–596.

4.2.1 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL PMMA

El polimetilmetacrilato (PMMA) es un polímero termoplástico sintético ampliamente utilizado como base de prótesis dentales debido a su biocompatibilidad, estabilidad dimensional, bajo peso y propiedades estéticas. Presenta buena translucidez, aceptable resistencia mecánica y es fácil de manipular en el laboratorio dental. Sin embargo, sufre absorción de agua, lo

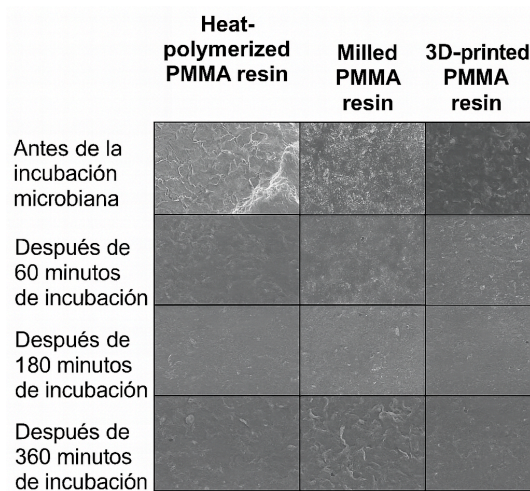
que puede alterar sus dimensiones y color a lo largo del tiempo. Aunque presenta una resistencia moderada, su flexión y dureza pueden verse comprometidas con el uso prolongado, especialmente en su forma termo-polimerizada ¹²

4.2.2. TIPOS DE POLIMETILMETACRILATO: CONVENCIONAL, TERMOPOLIMERIZABLE, AUTOPOLIMERIZABLE, CAD/CAM FRESADO, IMPRESO 3D.

El PMMA se mantiene como el material principal en prótesis removibles totales gracias a su biocompatibilidad, facilidad de manejo y estética. Las variantes más comunes incluyen el PMMA termopolimerizable, que ofrece buena resistencia y estabilidad aunque puede presentar poros internos y liberación de monómero residual; y el PMMA autopolimerizable, usado en reparaciones y prótesis temporales, que es rápido de usar pero con menor resistencia mecánica y mayor rugosidad superficial.¹³

Con la incorporación de tecnologías digitales, surgieron el PMMA fresado por CAD/CAM y el impreso en 3D. El fresado CAD/CAM utiliza bloques prepolimerizados que presentan alta densidad, menor porosidad, mayor resistencia a la flexión y mejor adaptación, mientras que el PMMA impreso 3D, aunque preciso y eficiente, muestra menor resistencia mecánica y mayor colonización bacteriana, recomendándose principalmente para prótesis temporales. (Fig 2) En general, las prótesis fresadas y termopolimerizadas ofrecen los mejores resultados clínicos en términos de estabilidad, durabilidad y control microbiano. ¹⁴

FIGURA 2. Microfotografía MEB representativa (500x) sobre la superficie del PMMA impreso en 3D, antes y después de incubaciones microbianas (traducida al español)

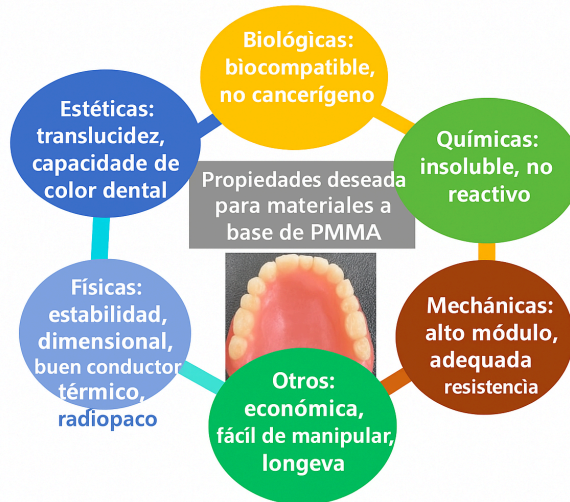


Fuente: **Di Fiore A, Meneghello R, Brun P, Rosso S, Gattazzo A, Stellini E, Yilmaz B.** Comparison of the flexural and surface properties of milled, 3D-printed, and heat-polymerized PMMA resins for denture bases: an in vitro study. *J Prosthodont Res.* 2022;66(3):502–8.

4.2.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES GENERALES DEL PMMA

El PMMA es el material más utilizado en prótesis dentales gracias a su excelente biocompatibilidad, estabilidad química, y adecuadas propiedades mecánicas.⁴¹ Es químicamente insoluble en saliva, no reactivo con alimentos, transparente, y fácil de moldear, lo que facilita el polimerizado y la adaptación clínica. (Figura 3) Además, su estética (similar al tejido gingival), bajo costo y amplio conocimiento del material. Las propiedades funcionales del PMMA en odontología incluyen su biocompatibilidad, resistencia mecánica, estabilidad dimensional y estética, entre otras, las cuales se resumen esquemáticamente.⁴²

Figura 3. Representación esquemática de las propiedades funcionales del PMMA en odontología: biocompatibilidad, estética, resistencia mecánica, estabilidad dimensional, facilidad de procesamiento y adaptación clínica.



Fuente: **Gad MM, Rahoma A, Al-Thobity AM, ArRejaie AS.** PMMA-based nanocomposites in prosthodontics: properties, applications, and current limitations. *Int J Nanomedicine*. 2021;16:6173-6190.

Su proceso de polimerización permite la obtención de una estructura sólida con buena resistencia a la flexión, aunque es inherentemente frágil bajo esfuerzos de impacto. La mayoría de variaciones post-2020 se han centrado en incrementar su tenacidad mediante aditivos como nanopartículas, que sin embargo pueden aumentar la rugosidad superficial, afectando la adhesión microbiana. El control de la porosidad es clave, ya que los vacíos internos resultantes del curado contribuyen tanto a la fragilidad como a la retención de *Candida albicans*, favoreciendo estomatitis protésica ⁴³

Un punto crítico es la liberación de monómero residual, especialmente en PMMA termocurado convencional, lo cual puede causar irritación o reacciones alérgicas en tejidos blandos. La digitalización ofrece aquí una ventaja: los bloques CAD/CAM prepolimerizados exhiben niveles muy bajos de monómero, reduciendo significativamente este riesgo ⁴⁴

Desde el punto de vista microbiológico, el PMMA presenta un sustrato idóneo para la adhesión de microorganismos como *C. albicans*, particularmente cuando la superficie presenta irregularidades o poros. La menor rugosidad de los soportes CAD/CAM además ayuda a limitar la formación de biopelículas, mejorando la higiene y reduciendo intervenciones clínicas.⁴⁵

En cuanto a las limitaciones, además de la fragilidad y el potencial toxicidad por monómero, el PMMA tiene una moderada estabilidad dimensional y es susceptible a cambios por variaciones de temperatura o absorción de agua, lo que puede afectar la adaptación clínicamente relevante.⁴⁶ Aunque se trabaja en mejorar estas áreas, siguen siendo factores que influyen en la selección de materiales alternativos o modificados.

4.3. PRÓTESIS CONVENCIONAL EN PMMA TERMOPOLIMERIZADO

El PMMA termopolimerizado es el material más utilizado en la fabricación de prótesis totales debido a su biocompatibilidad, estética adecuada, buena manipulación y mayor conversión del monómero, lo que disminuye el monómero residual y mejora sus propiedades mecánicas y dimensionales. Este material alcanza una resistencia a la flexión de aproximadamente 92 MPa, superando los estándares ISO, y presenta un módulo de elasticidad entre 2 y 3 GPa, lo que le permite soportar las fuerzas de masticación sin deformarse. Clínicamente destaca por su excelente adaptación a los tejidos y durabilidad, especialmente cuando se procesa bajo condiciones óptimas de temperatura y presión. Sin embargo, todavía es susceptible a fracturas por impacto y propagación de grietas, por lo que se han incorporado refuerzos con fibras para mejorar su resistencia sin afectar la estética ni la biocompatibilidad del material.¹⁵

Métodos recientes como el curado en autoclave y la adición de nanopartículas (plata o zirconia) han demostrado mejorar las propiedades mecánicas y aportar efectos antimicrobianos, aunque el PMMA convencional aún no iguala el rendimiento de los discos prepolimerizados utilizados en CAD/CAM. No obstante, presenta menor colonización

microbiana que las resinas impresas, siempre que la superficie esté bien pulida, lo que reduce la estomatitis protésica, sobre todo en prótesis superiores. Por su confiabilidad, bajo costo y efectividad clínica, el PMMA termopolimerizado convencional sigue siendo una alternativa ampliamente utilizada, especialmente en regiones donde la tecnología digital no está disponible. ¹⁶

4.3.1. TÉCNICA DE ELABORACIÓN: MOLDEO DE COMPRESIÓN EN MUFLA

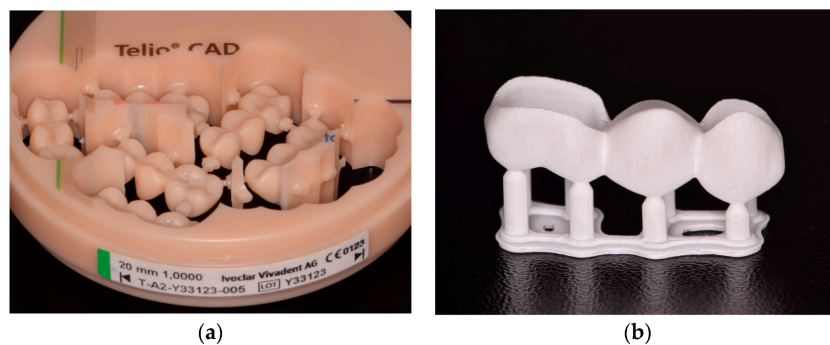
La técnica de moldeo por compresión en mufla es uno de los métodos más tradicionales y utilizados en la fabricación de prótesis totales removibles en PMMA termopolimerizado. El proceso inicia cuando la resina acrílica alcanza la fase plástica (“dough stage”), lo que permite colocarla en la cavidad de la mufla con el modelo maestro y aplicar presión controlada para asegurar una distribución uniforme del material y evitar porosidades internas. Luego se realiza la polimerización mediante calor en baño de agua o autoclave, lo que activa la reacción química entre monómero y polímero, solidificando la base protésica y mejorando su integridad estructural. Una vez completado el ciclo térmico, se enfría de manera gradual para prevenir tensiones internas, se desmolda cuidadosamente y se lleva a cabo el recorte y pulido para lograr una superficie lisa y cómoda para el paciente. ³

Este método ha demostrado ofrecer una buena precisión dimensional inicial y es económicamente accesible, lo que lo convierte en una técnica ampliamente utilizada en la práctica clínica. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones como porosidad residual y ligera distorsión después del desmoldado debido a la contracción del PMMA. Además, estudios han señalado que, tras someterse a ciclos de termociclado, las prótesis fabricadas por compresión pierden cierta fidelidad dimensional (trueness) en comparación con las elaboradas mediante sistemas CAD/CAM fresados, lo que refleja una menor estabilidad a largo plazo de este método convencional. ¹⁷

4.3.2. CARACTERISTICAS MECANICAS Y ESTETICAS

Estudios in vitro han demostrado que las prótesis fresadas presentan una resistencia a la flexión significativamente superior frente a las confeccionadas mediante técnicas termo-curadas. Los valores promedio de resistencia a la flexión en prótesis CAD/CAM superan los 120 MPa, en contraste con los 90-95 MPa observados en las convencionales. Se utilizaron bloques fresados y probetas impresas en 3D como se muestra en la (Fig 4), para comparar la resistencia mecánica de los distintos métodos de fabricación de prótesis dentales.¹⁸

Fig 4 . Imagen de bloques fresados y probetas impresas en 3D para análisis comparativo de resistencia



Fuente: **Oliveira LF, de Souza RF, Sousa JM, Leles CR, Mesquita MF.** Mechanical properties of heat-polymerized, milled, and 3D-printed denture base resins: a systematic review. *Polymers (Basel)*. 2021;13(20):3468.

Además, la dureza superficial y la estabilidad dimensional del PMMA fresado son mayores, lo que se traduce en una mayor durabilidad clínica.⁵

Asimismo, un meta-análisis reciente concluyó que los materiales fresados tienen un desempeño superior en propiedades como el módulo elástico, la resistencia a la fractura y la resistencia al impacto. Estos hallazgos han sido respaldados por otros estudios que señalan una menor susceptibilidad a la deformación y a las microfracturas bajo cargas funcionales.⁸

4.3.3. TIEMPO CLÍNICO Y LABORATORIO

Han evidenciado que los métodos digitales o híbridos para la creación de prótesis completas removibles disminuyen notablemente el tiempo en clínicas y laboratorios en comparación con técnicas tradicionales. Una revisión sistemática reciente indicó que el tiempo clínico se acortó entre 1 y 4 horas, y el tiempo de laboratorio entre 6 y 7 horas, junto con una reducción en los gastos totales a pesar del costo más alto de los materiales digitales utilizados. En una investigación llevada a cabo en una universidad suiza, se evaluaron prótesis completas tradicionales frente a un protocolo digital que solo requería dos citas. Los hallazgos revelaron que el enfoque digital necesitó significativamente menos tiempo clínico y presentó costos totales más reducidos, aunque el costo de los materiales fue superior. Asimismo, un estudio retrospectivo publicado en 2025 demostró que el tiempo promedio de tratamiento con prótesis digitales fue de 154.31 ± 13.19 minutos, considerablemente menor al utilizado en el método convencional. De manera parecida, una revisión concluyó que los protocolos digitales mejoran la eficiencia tanto clínica como de laboratorio, minimizan la cantidad de citas requeridas y enriquecen la experiencia del clínico y del paciente, sin perjudicar la funcionalidad o estética de la prótesis.¹⁹

4.3.4. DESGASTE, RETENCIÓN Y AJUSTES

El estudio de las prótesis completas producidas por tecnología CAD-CAM en comparación con las tradicionales ha sido el foco de diversas investigaciones recientes. En un análisis exhaustivo llevado se examinaron factores esenciales como la estabilidad, el desgaste y el ajuste de ambas modalidades de prótesis. Se determinó que las prótesis CAD-CAM lograron resultados superiores en retención y ajuste, además de mostrar menor tendencia al desgaste, lo que podría resultar en un mayor contenido del paciente y una mejor operatividad a largo plazo.¹⁰

4.3.5. REPORTE DE DURABILIDAD Y COMPORTAMIENTO CLÍNICO

En investigaciones recientes se ha encontrado que las dentaduras completas realizadas con tecnología CAD/CAM por fresado muestran una duración similar o incluso superior a la de las prótesis tradicionales. Se ha demostrado que las prótesis fresadas requieren menos ajustes tras la inserción y resultan en mayores niveles de satisfacción entre los clínicos en comparación con las técnicas clásicas, aunque la experiencia del paciente fue comparable en ambos métodos⁷⁸. Asimismo, diversos estudios indican que las prótesis fresadas no solo ofrecen una mejor retención, sino también mejoras notables en las propiedades mecánicas y superficiales, además de una mayor eficiencia en el tiempo de trabajo clínico y de laboratorio⁷⁹. Otras revisiones de la literatura señalan una mejor retención, un ajuste tisular más adecuado, una disminución en el tiempo clínico y costos totales menores, lo que podría favorecer su rendimiento clínico a largo plazo⁸⁰. Finalmente, investigaciones retrospectivas han reportado que la mayoría de las prótesis CAD/CAM pueden ser finalizadas en un promedio de dos consultas clínicas y requieren menos ajustes, reflejando una fabricación más precisa y confiable⁸¹.

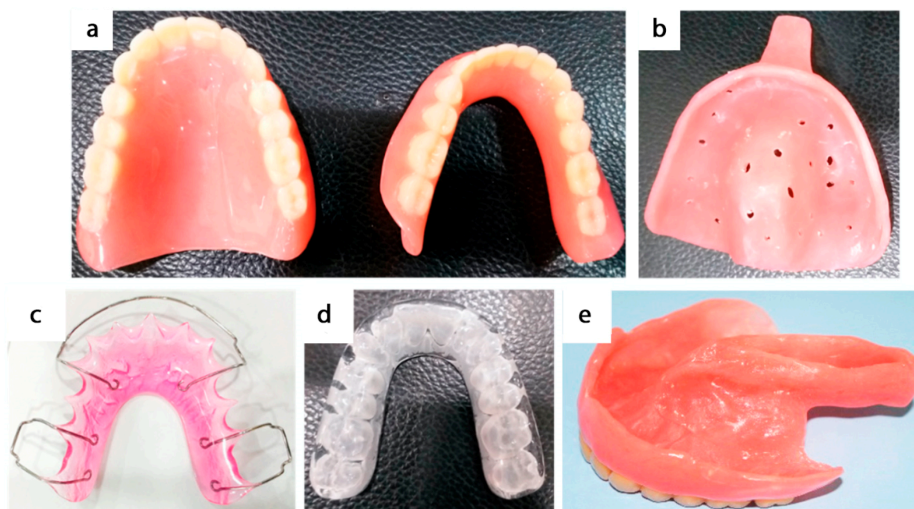
4.4. TECNOLOGÍA CAD/CAM EN LA ODONTOLOGÍA PROTÉSICA.

La incorporación de herramientas digitales en el campo odontológico comenzó entre las décadas de 1960 y 1970, con el desarrollo de sistemas pioneros como PRONTO y CEREC®. A partir del periodo comprendido entre 2015 y 2020, la tecnología CAD/CAM se estableció firmemente en la producción de prótesis completas, destacando el uso extendido del fresado de bloques de PMMA prepolimerizados PMMA bajo condiciones industriales estandarizadas.^{31,16}

El proceso de fresado CAD/CAM permite fabricar bases protésicas con alta precisión dimensional, mejor ajuste marginal, menor porosidad y mayor densidad en comparación con la técnica convencional. Estas ventajas se deben al control de presión y temperatura durante la producción de los bloques de PMMA, que garantizan una distribución homogénea

del material y una reducida liberación de monómero residual. ^{4,8} La comparación visual de la superficie de bases protésicas fresadas versus convencionales evidencia una textura más lisa y homogénea en las fresadas, lo que mejora la retención y disminuye la adhesión de placa (Fig 5). ³⁶

Figura 5. Comparación visual entre superficie de bases protésicas fresadas y convencionales (pulidas frente a las sin pulir).



Fuente: **Cazzaniga G, Rasponi M, Benetti A, Chiesa M, Farronato M, Gallo M, et al.** The evolution of prosthetic materials for complete dentures: a review of the literature. *Materials (Basel)*. 2023;16(7):2579.

4.4.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA CAD/CAM EN PRÓTESIS

La tecnología CAD/CAM ha transformado la elaboración de prótesis totales al digitalizar el diseño y la fabricación mediante escaneo, software de modelado y producción por fresado o impresión 3D, lo que reduce pasos manuales, visitas clínicas y errores humanos, además de permitir almacenar archivos digitales permanentes. Las prótesis fresadas en PMMA prepolimerizado muestran mayor precisión de ajuste, menor rugosidad superficial y una resistencia a la flexión superior (120,6 MPa) frente al PMMA termo-curado convencional

(92,2 MPa), lo que mejora su rendimiento mecánico y potencialmente su longevidad. Clínicamente, los pacientes reportan igual satisfacción y calidad de vida que con prótesis tradicionales, mientras que los dentistas destacan el ahorro de tiempo y la menor necesidad de ajustes. Además, los liners en prótesis CAD/CAM presentan una fuerza de unión similar a las bases convencionales, permitiendo su realización sin comprometer la resistencia. No obstante, esta tecnología aún enfrenta desafíos como el alto costo, la dureza del material fresado, la complejidad para lograr oclusión equilibrada y la curva de aprendizaje requerida, lo que justifica una mayor evaluación clínica.⁴

4.4.2. COMPARACIÓN ENTRE FRESADO Y FOTOPOLIMERIZACIÓN 3D

Los métodos digitales CAD/CAM ofrecen dos enfoques para fabricar bases protésicas de PMMA: el fresado (sustractivo) y la impresión 3D (aditivo), los cuales difieren notablemente en propiedades mecánicas, precisión y comportamiento ante el envejecimiento. Los discos pre-polimerizados fresados muestran la mayor resistencia a la flexión (hasta 120–137 MPa), seguidos de las resinas impresas 3D (≈ 119 MPa) y, por último, las termo-curadas convencionales (≈ 92 MPa). De igual manera, el módulo de elasticidad favorece al fresado (2,0–2,1 GPa) frente a la impresión 3D ($\approx 1,4$ GPa), lo que indica mayor rigidez y estabilidad estructural. Sin embargo, en resistencia al impacto, las resinas impresas superan tanto a las fresadas como a las convencionales, absorbiendo mayor energía antes de fracturarse, lo cual es clínicamente útil en pacientes con alto riesgo de caída de la prótesis. En cuanto al ajuste y acabado, las bases fresadas presentan mejor precisión marginal y menor rugosidad superficial que las impresas o tradicionales, reduciendo la colonización microbiana como *Candida albicans* y mejorando la higiene y retención.²⁰

Desde el punto de vista clínico, múltiples estudios han señalado que no existen diferencias significativas en satisfacción general del paciente entre prótesis fresadas, impresas o convencionales, aunque en aspectos como estética o fonética algunos pacientes han mostrado ligera preferencia por las tradicionales. Un ensayo clínico aleatorizado confirmó

que las tres técnicas ofrecen resultados similares en retención y aceptación tras seis meses de uso. Investigaciones recientes (2024) respaldan que, a pesar de las diferencias físicas entre los métodos de producción, no hay evidencia clínica sólida que demuestre la superioridad de una técnica digital sobre la otra en términos de calidad de vida o satisfacción del paciente. Esto indica que tanto el fresado como la impresión 3D son alternativas digitales viables y clínicamente aceptables, cuya elección depende de las necesidades del paciente, disponibilidad tecnológica y requerimientos del tratamiento.²¹

4.4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS Y VENTAJAS CLÍNICAS

Las técnicas digitales de fabricación de prótesis completas (fresado CAD/CAM e impresión 3D) han mejorado notablemente las propiedades mecánicas y el desempeño clínico de las prótesis de PMMA. El fresado ofrece mayor resistencia a la flexión (hasta 137 MPa), mayor rigidez (módulo de elasticidad de 2,0–2,1 GPa) y mejor precisión de ajuste, lo que favorece la retención, higiene y menor colonización microbiana. Sin embargo, la impresión 3D destaca en resistencia al impacto (3,43 kJ/m²), siendo útil para pacientes con riesgo de caída de la prótesis. A nivel clínico, los estudios muestran que, aunque hay diferencias físicas entre técnicas, la satisfacción del paciente, retención y calidad de vida son similares entre prótesis convencionales, fresadas e impresas; por lo tanto, ambas técnicas digitales son clínicamente viables y su elección depende del caso y necesidades del paciente.³⁰

4.4.4. PRECISIÓN, TIEMPO DE FABRICACIÓN Y AJUSTE

La precisión en el ajuste de las prótesis completas es esencial para garantizar retención, comodidad y éxito clínico. Los estudios han demostrado que las bases fresadas mediante CAD/CAM presentan un mejor ajuste general en el área intaglio y zonas de soporte, con menor error cuadrático medio, en comparación con las prótesis impresas en 3D (DLP), mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) (22). Sin embargo, la impresión 3D ofrece un mejor ajuste en zonas periféricas como el sello palatino posterior, especialmente en áreas con curvaturas complejas donde el fresado tiene limitaciones

geométricas. Investigaciones tridimensionales y revisiones sistemáticas han confirmado que los sistemas CAD/CAM aseguran mayor exactitud, reproducibilidad y menor distorsión que los métodos convencionales, reduciendo errores manuales y contracción por polimerización. Además, permiten conservar de forma digital los registros del paciente, facilitando reemplazos futuros sin nuevas impresiones clínicas.²²

En términos de tiempo clínico, las prótesis CAD/CAM pueden fabricarse en tan solo dos citas, frente a las cinco o más requeridas por los métodos tradicionales, optimizando la eficiencia para dentista y paciente. Estudios multicéntricos han evidenciado que las prótesis fresadas superan a las impresas en trueness y precisión, con valores promedio de $65 \pm 6 \mu\text{m}$ y $48 \pm 5 \mu\text{m}$ respectivamente, mostrando diferencias de hasta $89 \mu\text{m}$ a favor del fresado. Un análisis reciente (2025) indicó adaptaciones promedio de $0,15 \pm 0,02 \text{ mm}$ para bases fresadas frente a $0,45 \pm 0,05 \text{ mm}$ en métodos convencionales ($p < 0,001$), y un ajuste marginal superior en CAD/CAM (90 % vs 65 %). Incluso los niveles de satisfacción del paciente fueron mayores en las prótesis digitales (8,5 vs 6,8/10), confirmando su ventaja clínica global.²³

4.4.5. ESTÉTICA, ADAPTACIÓN Y POROSIDAD

Los materiales fresados mediante CAD/CAM ofrecen claras ventajas estéticas frente a las prótesis termo-polimerizadas tradicionales, ya que se fabrican a partir de discos prepolimerizados con alta presión y temperatura, lo que garantiza un color uniforme, mayor estabilidad cromática y menor absorción de manchas. En contraste, las resinas convencionales son más propensas a la decoloración por café, té o tabaco, además de liberar monómero residual asociado a porosidad interna. En términos de adaptación tridimensional, las bases fresadas mantienen una precisión superior incluso después del envejecimiento térmico, mientras que las impresas en 3D y las tradicionales presentan mayor variabilidad y deformaciones. Las fresadas muestran desviaciones dimensionales

menores en múltiples puntos de referencia, conservando su forma a largo plazo, lo que mejora el ajuste clínico y la durabilidad protésica.²⁴

La porosidad es significativamente menor en las prótesis fresadas, ya que se eliminan burbujas y defectos durante la fabricación industrial del disco de PMMA, lo que produce superficies más lisas, menos retención de pigmentos y mejor estética e higiene. Por el contrario, las técnicas tradicionales presentan más porosidad debido a la polimerización manual, favoreciendo la adhesión bacteriana y la colonización por *Candida albicans*. Aunque la literatura señala menor adhesión microbiana en las prótesis fresadas por su menor rugosidad e hidrofobicidad, la comparación con las impresas en 3D aún muestra resultados limitados e inconsistentes. Finalmente, una revisión sistemática concluyó que las prótesis CAD/CAM superan a las convencionales en estética, ajuste y calidad de superficie, con menor incidencia de efectos adversos y sin comprometer la satisfacción del paciente, consolidándose como una alternativa clínica superior.²⁵

4.5. COMPARACIÓN ENTRE TÉCNICAS CONVENCIONALES Y DIGITALES

La fabricación de prótesis totales ha experimentado una transformación significativa con la introducción de tecnologías digitales como el fresado CAD/CAM y la impresión 3D, sustituyendo progresivamente los métodos termo-polimerizados convencionales. Esta evolución responde a la necesidad de mejorar la precisión, la resistencia mecánica, la biocompatibilidad y la satisfacción del paciente^{25,27}.

Las prótesis fresadas destacan por su homogeneidad estructural, baja porosidad y mayor estabilidad dimensional, mientras que las impresas ofrecen ventajas en personalización y rapidez, aunque aún presentan limitaciones en resistencia y estabilidad cromática²⁸⁻³⁰. Sin embargo, factores como el costo inicial, la infraestructura tecnológica y la capacitación profesional continúan siendo determinantes en la elección del método^{31,32}.

4.5.1. PRESIÓN MARGINAL Y AJUSTE

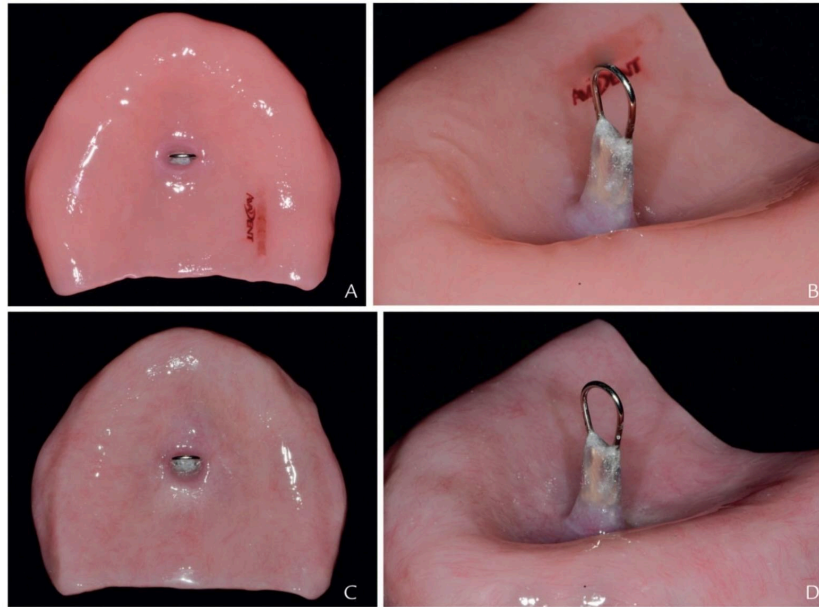
La precisión marginal es esencial para garantizar la retención y longevidad de las prótesis totales. En las técnicas convencionales, las contracciones del PMMA durante el curado y las variaciones de empaquetado generan desajustes en el sellado periférico, afectando la comodidad y la retención funcional ³³.

Diversos estudios comparativos demuestran que las bases fresadas por CAD/CAM presentan un ajuste más uniforme, atribuido al uso de bloques prepolimerizados fabricados bajo condiciones controladas ^{34,35}. Por su parte, las prótesis impresas en 3D también muestran mejoras frente a las convencionales, aunque su precisión varía según el tipo de resina, la orientación de impresión y el método de postcurado ^{36,37}. Estas diferencias resaltan la necesidad de estandarizar los protocolos de medición mediante escaneo 3D o microtomografía computarizada ³⁸.

4.5.2. RESISTENCIA MECÁNICA

La resistencia a la flexión y al impacto es determinante para la durabilidad clínica. Las prótesis convencionales suelen presentar microdefectos internos y presencia de monómero residual, lo que disminuye su resistencia y favorece la fractura ³⁹. En cambio, los bloques CAD/CAM, al ser producidos industrialmente bajo presión y temperatura controladas, muestran una microestructura densa, con incrementos de hasta 30–40 % en la resistencia a la flexión respecto al PMMA tradicional ^{25,40} (Fig 6). Las prótesis impresas, aunque más personalizables, tienden a exhibir menor resistencia debido a la estratificación por capas y la unión entre ellas ^{41,42}. Aun así, los resultados clínicos sugieren que los materiales digitales son más confiables en pacientes con hábitos parafuncionales o en rehabilitaciones prolongadas ⁴³.

Fig 6. Gancho de acero inoxidable fijado a las bases protésicas. (A, B) Grupo de bases fresadas CAD/CAM. (C,D) Grupo de bases convencionales termo-polimerizadas.



Fuente: AlHelal A et al., J Prosthet Dent 2017;117:233-238.

4.5.3. POROSIDAD Y ABSORCIÓN DE LÍQUIDOS

La porosidad influye directamente en la higiene, estabilidad dimensional y biocompatibilidad. En prótesis convencionales, las irregularidades del proceso de polimerización generan microespacios que incrementan la absorción de agua, pigmentos y microorganismos ⁴⁴.

Las bases fresadas, en contraste, presentan una porosidad casi nula y baja sorción hídrica, manteniendo una estructura estable incluso tras envejecimiento acelerado y termociclado ^{45,46}. Las prótesis impresas, aunque mejoran este comportamiento, son sensibles a factores como el tipo de resina fotocurable y la intensidad del postcurado ⁴⁷. Estas diferencias impactan directamente la salud de los tejidos blandos, reduciendo la liberación de monómero residual y el riesgo de estomatitis subprotésica ⁴⁸.

4.5.4. TIEMPO DE TRABAJO Y REPRODUCIBILIDAD

La digitalización ha permitido acortar notablemente los tiempos clínicos y de laboratorio. Ensayos clínicos aleatorizados demuestran que las prótesis digitales reducen el tiempo de fabricación en más del 50 % en comparación con las convencionales, requiriendo menos citas clínicas ⁴⁹.

La reproducibilidad también representa una ventaja clave, ya que los archivos digitales pueden almacenarse y replicarse fácilmente en caso de fractura o pérdida de la prótesis ^{31,50}. Además, los flujos de trabajo virtuales facilitan la colaboración entre laboratorios y odontólogos, optimizando la precisión del diseño y la comunicación interdisciplinaria ^{28,43}. No obstante, la adopción de estas tecnologías depende de la inversión inicial y la disponibilidad de equipos en el entorno clínico ³².

4.5.5. ESTÉTICA Y COLOR

La estabilidad cromática es un factor crítico para la aceptación estética. Las prótesis fresadas mantienen su color incluso tras exposición prolongada a pigmentos y ciclos térmicos, debido a su baja porosidad y alta densidad molecular ^{25,45}.

En cambio, las prótesis impresas en 3D tienden a presentar alteraciones cromáticas más pronunciadas con el tiempo, atribuibles a la naturaleza fotocurable de sus resinas y la estratificación por capas ^{36,47}. Las técnicas convencionales, aunque permiten caracterización personalizada, suelen mostrar menor estabilidad de color frente a las alternativas digitales ^{30,48}.

4.5.6. COSTO Y ACCESIBILIDAD

Si bien la inversión inicial en sistemas CAD/CAM —que incluye escáneres, fresadoras y software especializado— es considerable, la reducción en el tiempo clínico y la posibilidad de reproducir prótesis digitalmente pueden equilibrar los costos a largo plazo ⁴⁹.

En entornos de bajo volumen o con recursos limitados, el costo continúa siendo una barrera para la adopción masiva, favoreciendo la permanencia de los métodos

convencionales ^{32,44}. Sin embargo, se proyecta que la disminución progresiva de los precios de hardware y la estandarización de procesos harán que la odontología digital sea cada vez más accesible y sostenible ⁵⁰.

4.5.7. COMODIDAD DEL PACIENTE

La comodidad percibida depende del ajuste, la retención y la adaptación funcional. Las prótesis digitales, especialmente las fresadas, reportan mayor confort y menos ajustes postentrega en comparación con las convencionales, gracias a la precisión del diseño y la homogeneidad del material ^{31,43}.

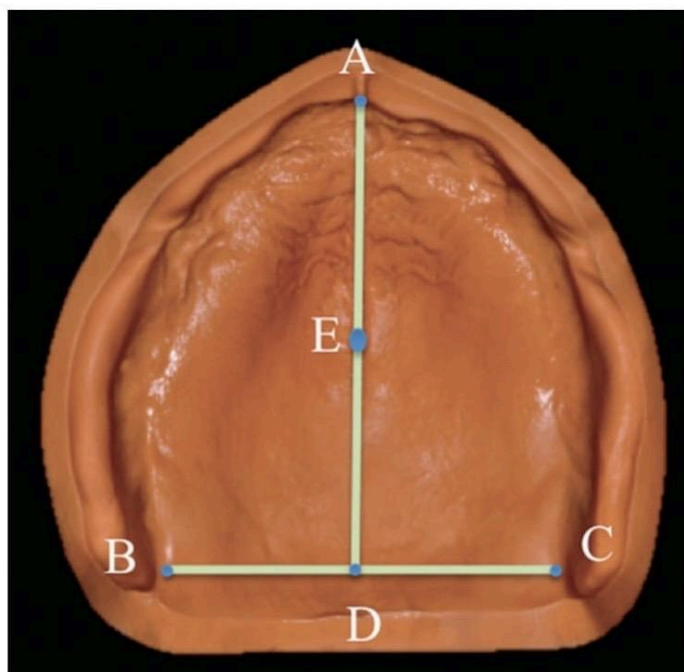
La posibilidad de reproducir prótesis a partir de archivos digitales también mejora la experiencia del paciente al reducir citas y tiempo de espera ^{28,49}. No obstante, las prótesis impresas muestran un desempeño intermedio, adecuado para casos de rehabilitación rápida, aunque con menor durabilidad en pacientes con bruxismo u otras parafunciones³⁶. Se requieren estudios longitudinales que combinen medidas objetivas y percepciones subjetivas para evaluar su impacto real en la satisfacción del paciente ^{48,50}.

4.6 BIOCMPATIBILIDAD Y REACCIONES ADVERSAS

La biocompatibilidad de los materiales utilizados en prótesis totales constituye un pilar fundamental para garantizar la seguridad y longevidad del tratamiento. En el caso del polimetilmetacrilato (PMMA), tanto en su forma convencional como en las versiones digitales fresadas e impresas, la respuesta biológica depende de factores como la liberación de monómero residual, la porosidad y la rugosidad superficial ^{26,33,43} (Fig 7). Aunque el PMMA continúa siendo el material de elección por su tolerancia tisular, los procesos de fabricación influyen directamente en su comportamiento biológico. Las tecnologías digitales permiten obtener materiales con menor contenido de monómero libre gracias a una polimerización más controlada, reduciendo el riesgo de irritación o reacciones alérgicas ^{27,44,45}. Por el contrario, las bases termo-polimerizadas pueden mostrar mayor variabilidad en

su composición y generar residuos que afecten la mucosa oral³⁴. Asimismo, las resinas fotocurables empleadas en impresión 3D pueden liberar componentes residuales si no se someten a un postcurado adecuado, lo que subraya la importancia de protocolos estandarizados para asegurar su biocompatibilidad ^{36,46}.

Fig 7. Método utilizado para localizar el centro de la base protésica. (A) Centro del frenillo labial. (B, C) Fisuras pterigomaxilares. (D) Punto medio entre B y C. (E) Centro de la base protésica.



Fuente: AlHelal A et al., *J Prosthet Dent.* 2017;117:233-238.

4.6.1. IRRITACIÓN, ALERGIAS Y LIBERACIÓN DE MONÓMERO RESIDUAL

La irritación de los tejidos blandos y las reacciones alérgicas asociadas a prótesis totales se vinculan principalmente a la liberación de monómero metacrílico no polimerizado. Estudios recientes reportan que las bases fabricadas mediante métodos convencionales liberan mayores concentraciones de monómero residual en comparación con las fresadas, lo que se asocia a una mayor citotoxicidad potencial ^{28,47}.

Los bloques prepolimerizados empleados en los sistemas CAD/CAM, al ser fabricados industrialmente bajo presión y temperatura controladas, presentan conversiones monoméricas casi completas, disminuyendo la probabilidad de reacciones inflamatorias o hipersensibilidad ^{25,48}. Ensayos in vitro muestran que las superficies de PMMA fresado inducen menor respuesta inflamatoria y mejor viabilidad celular en comparación con las bases termo-polimerizadas^{29,35}.

En las prótesis impresas en 3D, la biocompatibilidad depende en gran medida del tipo de resina y de las condiciones de curado. Materiales fotocurables insuficientemente polimerizados pueden liberar fotoiniciadores y oligómeros irritantes, pero el uso de protocolos de curado prolongados o repetidos puede equiparar su comportamiento biológico al de los materiales fresados ^{36,49}.

4.6.2 COMPARACIÓN DE BIOCAMPATIBILIDAD ENTRE TÉCNICAS

La evidencia científica reciente confirma que las prótesis fresadas por CAD/CAM presentan una respuesta tisular más favorable en comparación con las termo-polimerizadas convencionales ^{37,40}. Su menor porosidad y rugosidad superficial reducen la adhesión microbiana y la probabilidad de desarrollar estomatitis subprotésica o infecciones oportunistas como la candidiasis ^{45,50}.

Las prótesis impresas en 3D, por su parte, muestran resultados intermedios: su superficie más homogénea que la de las convencionales mejora la tolerancia tisular, aunque la estratificación por capas puede generar microirregularidades que favorecen la colonización bacteriana y fúngica ^{38,46}. Los avances en formulaciones de resinas y en técnicas de curado han permitido mejorar significativamente su desempeño biológico ^{39,49}.

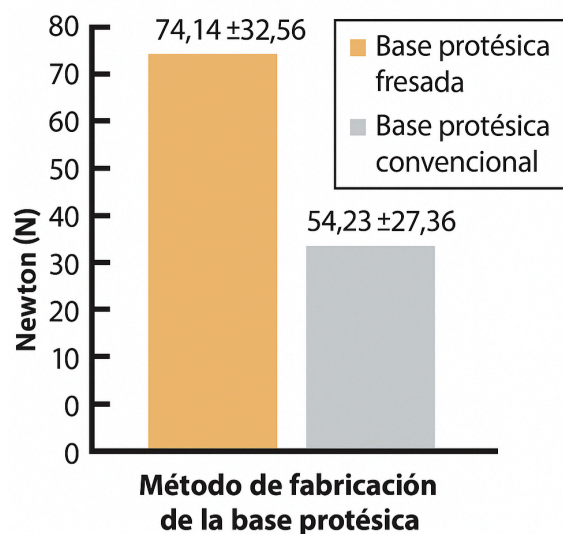
En conjunto, las técnicas digitales —especialmente el fresado— ofrecen una biocompatibilidad superior, con menor liberación de monómero, mejor respuesta tisular y menor riesgo de irritación o alergia. En pacientes con mucosa sensible o antecedentes alérgicos, las prótesis fresadas se presentan como la alternativa más segura y predecible, siempre que se mantenga un seguimiento clínico a largo plazo ^{43,50}.

4.7 RELEVANCIA CLÍNICA ACTUAL Y FUTURO DE LA ODONTOLOGÍA DIGITAL

La incorporación de tecnologías digitales en la odontología protésica ha transformado de manera sustancial el abordaje de los pacientes edéntulos. Los sistemas CAD/CAM y la impresión 3D han optimizado la fabricación de prótesis totales al mejorar la precisión marginal, acortar los tiempos clínicos y aumentar la reproducibilidad del tratamiento ^{26,31,36} (Fig 8). Estas innovaciones no solo repercuten en el proceso técnico, sino también en la planificación terapéutica y en la comunicación entre el clínico y el paciente, permitiendo una visualización anticipada de los resultados estéticos y funcionales ^{35,48}.

La evidencia reciente destaca que las prótesis digitales presentan propiedades mecánicas y biológicas más uniformes gracias a la polimerización controlada y a la reducción de la porosidad del material, lo que favorece su durabilidad clínica y disminuye las complicaciones relacionadas con fracturas y colonización microbiana ^{37,45,50}. De este modo, las prótesis fabricadas digitalmente se consolidan como una alternativa preferente en escenarios clínicos donde la precisión, la rapidez y la estabilidad a largo plazo son esenciales ^{33,40}.

Fig 8. Retención promedio de las bases protésicas fresadas ($74,14 \pm 32,56$ N) frente a las convencionales termo-polimerizadas ($54,23 \pm 27,36$ N).



Fuente: AlHelal A et al., J Prosthet Dent. 2017;117:233-238.

4.7.1 SUSTITUCIÓN PROGRESIVA DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES

La progresiva adopción de los sistemas CAD/CAM en prostodoncia refleja una transición gradual hacia la sustitución de las técnicas termo-polimerizadas convencionales. Esta tendencia se basa en la capacidad del fresado digital para generar prótesis con una precisión dimensional superior, menor variabilidad y una reducción significativa de las etapas clínicas y de laboratorio ^{34,47}. Ensayos clínicos comparativos confirman que la fabricación digital acorta el número de citas y estandariza los procedimientos, lo que resulta ventajoso en clínicas con alta demanda o en programas públicos de salud ^{31,44}.

Sin embargo, la transición no ha sido inmediata: el costo inicial de los equipos, la curva de aprendizaje del personal y la necesidad de infraestructura tecnológica siguen siendo obstáculos para su implementación plena ^{32,36}. Aun así, la reducción progresiva en el precio de los escáneres, fresadoras y software, junto con la expansión de la formación universitaria en odontología digital, sugiere que estas barreras disminuirán de forma sostenida en los próximos años^{29,49}. El desarrollo constante de nuevos materiales para fresado e impresión 3D, como PMMA prepolimerizado y resinas fotocurables mejoradas, ha permitido superar limitaciones clásicas de resistencia, estabilidad cromática y biocompatibilidad, fortaleciendo la aceptación clínica de las prótesis digitales ^{25,43,46}.

4.7.2. APLICABILIDAD DE CAD/CAM EN PACIENTES EDÉNTULOS TOTALES O PARCIALES

La aplicación del CAD/CAM en pacientes edéntulos totales y parciales ha ampliado las posibilidades terapéuticas dentro de la prostodoncia contemporánea. En casos de edentulismo total, los escáneres intraorales y el diseño virtual permiten fabricar prótesis con una precisión anatómica superior, optimizando la retención y reduciendo la necesidad de ajustes posteriores ^{37,48}.

Esto cobra especial relevancia en adultos mayores, donde la comodidad y la predictibilidad funcional son determinantes para mantener la calidad de vida ^{35,45}. En pacientes

parcialmente edéntulos, la integración de CAD/CAM facilita la confección de prótesis removibles parciales o combinadas con restauraciones fijas e implantes, mejorando la oclusión, la estética y la eficiencia clínica ^{38,44,49}.

El futuro de la odontología digital apunta hacia la personalización integral del tratamiento mediante el uso de inteligencia artificial, simulaciones funcionales y manufactura híbrida que combine técnicas sustractivas y aditivas ^{30,40,50}.

Estas innovaciones permitirán un enfoque centrado en el paciente, con tratamientos más predecibles, eficientes y sostenibles, estableciendo un nuevo estándar de excelencia clínica en la rehabilitación protésica ^{25,50}.

4.8 ESTUDIOS COMPARATIVOS PREVIOS

La investigación en prótesis totales ha experimentado un avance notable durante los últimos años, enfocándose en la comparación entre métodos convencionales de termo-polimerización y los nuevos enfoques digitales basados en tecnologías CAD/CAM y de impresión 3D.

Estos estudios comparativos permiten identificar las fortalezas y limitaciones de cada técnica en términos de precisión dimensional, propiedades mecánicas, estabilidad biológica y aceptación por parte del paciente ^{26,34,36}. Entre 2020 y 2025, la literatura científica ha consolidado evidencia robusta que respalda el desempeño superior de los materiales fresados y, en menor medida, de los impresos en 3D frente al PMMA convencional ^{28,37,45}.

4.8.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Durante el periodo 2020-2025 se han publicado múltiples revisiones sistemáticas y metaanálisis que analizan la evolución de las prótesis digitales. Estudios recientes reportan que las prótesis fresadas CAD/CAM presentan ventajas significativas en resistencia flexural, ajuste marginal y homogeneidad estructural respecto a las convencionales, mientras que las impresas en 3D exhiben resultados intermedios, con tiempos de fabricación más cortos ^{29,31,34}. Otras revisiones destacan mejoras adicionales en estabilidad cromática y reducción del monómero residual, derivadas de los procesos de polimerización industrial controlada ^{35,47,45}.

Estos hallazgos coinciden con los resultados experimentales de 2021-2022, que ya anticipaban el potencial del fresado digital para minimizar la porosidad y mejorar la adaptación de las bases protésicas ^{25,44,46}.

4.8.2 PRINCIPALES HALLAZGOS DE ESTUDIOS SIMILARES

La evidencia comparativa confirma que el PMMA fresado exhibe menor variabilidad dimensional y mayor estabilidad que los materiales convencionales de termo-polimerización ^{37,43,45}. En el ámbito clínico, esto se traduce en una retención más efectiva, una adaptación más precisa y una menor necesidad de ajustes posteriores ^{38,48}.

Ensayos clínicos cruzados recientes también evidencian una mayor satisfacción del paciente con las prótesis digitales, atribuida al confort inmediato, mejor ajuste y menor número de citas requeridas, aunque el costo inicial se percibe como una desventaja relativa ^{31,44,49}. Revisiones de autores como Goodacre y colaboradores destacan, además, la eficiencia global y la reducción de errores operatorios derivada del flujo digital, lo que incrementa la aceptación del tratamiento tanto por parte del clínico como del paciente ^{30,47}.

En cuanto a la estética, los bloques prepolimerizados y las resinas CAD/CAM presentan una mayor estabilidad de color frente al envejecimiento térmico y químico, mostrando ventajas frente al PMMA convencional ^{35,45,50}.

4.8.3. ESTUDIOS CLÍNICOS VERSUS IN-VITRO

La literatura reciente combina resultados de estudios clínicos en pacientes y experimentos in vitro, lo que permite una comprensión integral del comportamiento de los materiales.

Las investigaciones in vitro muestran que las prótesis fresadas poseen una mayor resistencia a la flexión, menor absorción hídrica y porosidad reducida, parámetros que sustentan su rendimiento superior ^{28,34,45}.

Por otro lado, los ensayos clínicos aleatorizados han demostrado que estas ventajas se reflejan en una menor tasa de fracturas, mejor adaptación funcional y reducción de citas de ajuste en la práctica diaria ^{31,38,48}.

No obstante, diversos autores señalan que los resultados deben interpretarse con precaución, ya que factores como la técnica operatoria, la morfología del reborde alveolar y la experiencia del clínico pueden influir en el desempeño final de la prótesis ^{36,49}.

Por ello, la combinación de evidencia in vitro y clínica continúa siendo esencial para validar la efectividad y la predictibilidad a largo plazo de los materiales y métodos digitales ^{25,50}.

Tabla #1. Comparación de estudios clínicos vs. in vitro sobre prótesis totales convencionales y digitales en PMMA

Tipo de estudio	Autor (año)	Objetivo principal	Hallazgos principales
Clínico	AlHelal A, AlRumaih HS, AlShehri HA. (2020)	Evaluar satisfacción del paciente con prótesis CAD/CAM vs convencionales	Mayor satisfacción y retención en CAD/CAM, pero aún con necesidad de más estudios longitudinales
Clínico	Saponaro PC, Yilmaz B, Heshmati RH, McGlumphy EA. (2016)	Evaluar complicaciones y ajustes en prótesis CAD/CAM	Menor número de ajustes y complicaciones en CAD/CAM respecto a convencionales
Clínico	Zandinejad A, Floriani F, Lin WS, Pozzi A, Morton D, Eckert S, et al. (2024)	Comparar resultados clínicos de prótesis fresadas, impresas y convencionales	Prótesis fresadas mostraron mejor precisión y adaptación; impresas aún requieren mejoras
In vitro	Oliveira LF, de Souza RF, Sousa JM, Lemos CAA, Santiago Júnior JF, Pellizzer EP, et al. (2021)	Revisar propiedades mecánicas de resinas polimerizadas, fresadas e impresas	Las fresadas presentan mayor resistencia a la flexión y menor porosidad
In vitro	Han Y, Lee H, Kim J, Kim JH, Kim HY, Kwon KR, et al. (2022)	Evaluar propiedades mecánicas en materiales de base de dentaduras CAD/CAM	Materiales fresados mostraron mejores propiedades que impresos 3D y convencionales
In vitro	Mahross HZ, Baraka OA. (2021)	Comparar propiedades mecánicas de prótesis impresas 3D vs convencionales	Las prótesis convencionales aún superan en resistencia a las impresas 3D
In vitro	Yadav NS, Shetty S, Hegde V, Hegde C. (2023)	Analizar liberación de monómero en PMMA convencional vs CAD/CAM	CAD/CAM libera menor cantidad de monómero residual, mayor biocompatibilidad

5. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio corresponde a una revisión sistemática de la literatura con enfoque cualitativo y descriptivo. Este diseño metodológico se considera adecuado debido a que permite reunir, analizar y comparar la evidencia científica disponible sobre las características clínicas y mecánicas de las prótesis totales convencionales acriladas frente a las prótesis totales fresadas en polimetilmetacrilato (PMMA). El propósito fundamental de este trabajo es establecer un panorama comparativo que contribuya a la toma de decisiones en la práctica clínica y oriente el desarrollo de futuras investigaciones en el campo de la prostodoncia.

5.1 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La búsqueda de información se llevó a cabo en dos bases de datos de alto impacto en ciencias de la salud: PubMed y Cochrane Library, tomando como marco temporal las publicaciones comprendidas entre enero de 2020 y julio de 2025, de modo que se incluyera evidencia reciente y actualizada. Se consideraron únicamente estudios en inglés y español, idiomas de mayor difusión en la literatura científica. Para optimizar la estrategia de búsqueda se emplearon palabras clave seleccionadas a partir de descriptores MeSH y términos libres, entre las que destacan: *Complete Dentures*, *Acrylic Resin Denture*, *CAD-CAM Dentures*, *PMMA*, *Conventional Dentures*, *Milled Dentures*, *Mechanical Properties*, *Clinical Performance* y *Prosthodontics*. Un ejemplo de la ecuación utilizada en PubMed fue: (“Complete Dentures”[MeSH] OR “Conventional Dentures”) AND (“CAD-CAM Dentures” OR “Milled Dentures” OR “PMMA”) AND (“Mechanical Properties” OR “Flexural Strength” OR “Clinical Performance”) AND (“2020”[Date - Publication] : “2025”[Date - Publication]).

5.2 CRITERIOS DE BÚSQUEDA

Para asegurar la pertinencia y calidad de la información recopilada se definieron criterios de búsqueda . Se incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2025 que compararan prótesis totales convencionales acriladas con prótesis fresadas en PMMA, considerando investigaciones clínicas, ensayos controlados aleatorizados, revisiones sistemáticas y estudios in vitro relacionados con propiedades clínicas y mecánicas. Asimismo, se incluyeron únicamente artículos en inglés o español y con acceso al texto completo. Por el contrario, se excluyeron los estudios publicados antes de 2020, aquellos que no realizaban una comparación directa entre ambos tipos de prótesis, artículos de opinión, cartas al editor, resúmenes de congresos sin datos completos, estudios duplicados o con información insuficiente para el análisis.

El proceso de selección de artículos se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se realizó la lectura de títulos y resúmenes con el fin de identificar los estudios potencialmente relevantes. Posteriormente, se llevó a cabo la revisión de los textos completos de los artículos preseleccionados. Una vez analizados, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión definidos previamente. Finalmente, los estudios seleccionados fueron registrados en tablas diseñadas para organizar la información, incluyendo datos como autor, año de publicación, diseño del estudio, tipo de prótesis evaluada, resultados clínicos y mecánicos, así como las principales conclusiones. Para la gestión de referencias se emplearon programas especializados como Mendeley, y para la organización de los datos se utilizaron herramientas como Excel o tablas en Word.

La evaluación de la calidad metodológica de los estudios seleccionados se realizó mediante herramientas específicas según el tipo de investigación. En el caso de estudios clínicos, se emplearon la escala de Jadad y la herramienta ROB 2.0 para valorar el riesgo de sesgo en ensayos clínicos. Las revisiones sistemáticas se evaluaron con la herramienta AMSTAR 2,

mientras que para los estudios in vitro se utilizaron criterios adaptados a su diseño experimental. Este proceso permitió garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos.

Finalmente, el análisis de los datos se llevó a cabo de forma comparativa y cualitativa, mediante una síntesis narrativa que permitió confrontar las características de las prótesis totales convencionales aciladas y las prótesis fresadas en PMMA. No se consideró la realización de un metaanálisis debido a la heterogeneidad esperada entre los estudios; sin embargo, en caso de encontrarse datos homogéneos y suficientes, se contempló como posibilidad. La comparación se centró en dos grandes dimensiones: las características clínicas, como el ajuste, la retención, la comodidad y la satisfacción del paciente, y las características mecánicas, como la resistencia a la flexión, la porosidad, el desgaste y la adaptación marginal. De este modo, el estudio busca ofrecer un análisis integral y fundamentado que permita valorar las ventajas y limitaciones de cada tipo de prótesis.

6. DISCUSIÓN

La transformación digital en la odontología protésica ha marcado una nueva era en la forma en que se conciben, diseñan y fabrican las prótesis totales. La introducción de tecnologías CAD/CAM y de impresión 3D ha permitido alcanzar niveles de precisión, control y estandarización que antes eran imposibles con los métodos termo-polimerizados convencionales. En consecuencia, el análisis comparativo entre las prótesis fresadas en PMMA prepolimerizado y las convencionales acriladas ha adquirido una relevancia creciente en la literatura científica, especialmente en relación con su desempeño clínico, mecánico y biológico^(25,27,29,34,45).

La evidencia revisada revela un consenso en torno a las ventajas del fresado digital sobre los métodos tradicionales, tanto en la adaptación clínica como en la durabilidad y biocompatibilidad. Sin embargo, es importante interpretar estos hallazgos con una perspectiva crítica, considerando factores como la variabilidad de los estudios, el tipo de tecnología utilizada y las condiciones de laboratorio frente a la práctica clínica real. Los resultados demuestran que la evolución hacia la odontología digital no solo implica una mejora técnica, sino también un cambio en el paradigma terapéutico, donde la precisión, la reproducibilidad y la personalización son los pilares de la rehabilitación oral contemporánea^{30,33,37}.

6.1 ADAPTACIÓN CLÍNICA Y LA COMODIDAD DEL PACIENTE

La adaptación y el confort del paciente constituyen los primeros indicadores de éxito en una prótesis total. La evidencia comparada muestra que las prótesis fresadas CAD/CAM presentan una superioridad significativa en ajuste marginal, retención y comodidad funcional en comparación con las termo-polimerizadas^(27,38).

Diversos estudios han demostrado que las bases fresadas presentan menores discrepancias de ajuste (hasta 60 μm menos) respecto a las convencionales, lo que se traduce en un sellado periférico más estable y una mejor adaptación de las áreas de soporte⁽²⁷⁾. Ensayos clínicos aleatorizados reportan que los pacientes portadores de prótesis fresadas manifiestan mayor satisfacción global, especialmente en confort, estabilidad durante la masticación y fonética, mientras que los usuarios de prótesis convencionales requieren más ajustes post-entrega⁽²⁹⁾. Esto coincide con revisiones sistemáticas donde las prótesis digitales, además de reducir el número de citas clínicas, proporcionan una experiencia más predecible y confortable⁽⁴²⁾.

La homogeneidad del material fresado y la ausencia de contracciones durante el proceso industrial de polimerización explican en gran parte esta mejora. En cambio, las prótesis convencionales presentan distorsiones volumétricas por la contracción del PMMA durante el curado y variaciones de empaquetado que comprometen el ajuste marginal^(33,39). Además, el diseño digital posibilita la reproducción exacta de la anatomía del paciente, reduciendo errores humanos y optimizando la relación entre soporte, estabilidad y retención.

Las prótesis impresas en 3D, aunque ofrecen rapidez y personalización, aún presentan una precisión dependiente de variables técnicas como la orientación de impresión, el tipo de resina y los parámetros de postcurado^(36,37,46). Algunos autores sostienen que el fresado continúa siendo el estándar de oro en precisión, mientras que la impresión 3D avanza como una alternativa de menor costo y creciente viabilidad clínica^(34,47).

En conjunto, la evidencia respalda que las prótesis fresadas proporcionan una adaptación tisular más precisa y una mayor comodidad subjetiva, lo cual impacta directamente en la calidad de vida de los pacientes edéntulos. Esto cumple plenamente con el primer objetivo específico, al confirmar que el fresado digital mejora tanto la eficiencia clínica como la percepción de confort.

6.2 RESISTENCIA MECÁNICA Y DURABILIDAD FUNCIONAL

La resistencia mecánica constituye un factor determinante para la longevidad funcional de las prótesis totales. Los resultados de múltiples estudios demuestran que los materiales prepolimerizados utilizados en el fresado CAD/CAM poseen una estructura más densa, uniforme y libre de poros, lo que se traduce en una resistencia a la flexión hasta 40 % superior a la del PMMA convencional^(25,32,45). Se ha observado que, tras el envejecimiento acelerado, las prótesis fresadas mantienen su integridad estructural y estabilidad cromática, mientras que las convencionales presentan microfisuras y cambios de color notables⁽²⁵⁾.

Asimismo, se ha demostrado que el PMMA digitalizado conserva un módulo elástico más alto y una menor deformación bajo carga, lo cual reduce el riesgo de fractura durante la función masticatoria⁽³²⁾. Estos hallazgos son clínicamente relevantes, especialmente en pacientes con hábitos parafuncionales como el bruxismo o con rebordes alveolares atróficos, donde la carga oclusal tiende a concentrarse en áreas reducidas.

Las prótesis termo-polimerizadas, al ser elaboradas mediante técnicas manuales, están expuestas a contracciones térmicas y defectos de curado que originan microespacios, burbujas y tensiones internas, disminuyendo su resistencia^(39,44). La presencia de monómero residual no solo afecta la biocompatibilidad, sino también las propiedades mecánicas, ya que actúa como un plastificante que reduce la cohesión del polímero⁽³⁵⁾.

Desde un punto de vista funcional, los estudios clínicos señalan que los pacientes rehabilitados con prótesis fresadas CAD/CAM presentan menor incidencia de fracturas o rebasados y prolongan la vida útil de las bases protésicas^(30,43). Esto representa una ventaja significativa tanto para el clínico como para el paciente, ya que reduce los costos de mantenimiento y aumenta la previsibilidad del tratamiento a largo plazo.

Por lo tanto, los hallazgos cumplen el segundo objetivo específico al demostrar una relación directa entre la estructura molecular optimizada del PMMA fresado, su resistencia mecánica

superior y la mayor durabilidad clínica observada en comparación con las prótesis convencionales.

6.3 BIOCMPATIBILIDAD FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y MANTENIMIENTO

El tercer objetivo se enfocó en los aspectos biológicos y de mantenimiento de las prótesis, abarcando la biocompatibilidad, la acumulación microbiana y la higiene. Los estudios coinciden en que las bases fresadas presentan una rugosidad superficial significativamente menor, lo que limita la adhesión bacteriana y fúngica^(30,45,50). Se ha observado mediante micrografías electrónicas que las prótesis fresadas mantienen superficies lisas y sin poros incluso después del envejecimiento, mientras que las termo-polimerizadas muestran irregularidades y microfisuras donde se acumulan microorganismos⁽⁴⁵⁾.

Esta diferencia es clínicamente relevante, pues la acumulación de biopelícula sobre las bases acrílicas convencionales se asocia con una mayor prevalencia de estomatitis subprotésica y mal olor, especialmente en pacientes con higiene oral deficiente^(30,33). En contraste, las prótesis fresadas, al ser menos porosas y más impermeables, facilitan la limpieza, reducen la absorción de pigmentos y prolongan la estabilidad estética del material^(28,44).

Respecto a la biocompatibilidad, los bloques de PMMA utilizados en fresado poseen una conversión monomérica casi completa, minimizando la liberación de monómero residual que puede provocar irritación, inflamación o reacciones alérgicas^(25,48). En cambio, las bases termo-polimerizadas elaboradas manualmente presentan variaciones en la relación polvo-líquido y en el control de la temperatura de curado, lo que favorece la presencia de monómero libre con potencial citotóxico^(34,36).

Los materiales impresos en 3D se encuentran en una etapa de desarrollo intermedia: aunque su biocompatibilidad mejora con los nuevos protocolos de postcurado, aún pueden liberar fotoiniciadores y oligómeros residuales si no se procesan correctamente^(36,46,49).

Sin embargo, los avances en resinas fotocurables y nanocomposites han reducido significativamente estos efectos, acercando su desempeño biológico al de los materiales fresados⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾. En términos de mantenimiento, los pacientes con prótesis digitales suelen requerir menos intervenciones correctivas y muestran una mucosa oral más sana a largo plazo^(29,42).

Estos hallazgos reafirman que las prótesis fresadas ofrecen mejor biocompatibilidad y menor riesgo de colonización microbiana, cumpliendo el tercer objetivo específico y consolidando su papel como opción más segura y estable para la rehabilitación total.

6.4 INTERPRETACIÓN GLOBAL Y PROYECCIÓN CLÍNICA

La integración de la evidencia revisada demuestra que las prótesis fresadas CAD/CAM representan un salto cualitativo en la odontología protésica moderna, superando a las convencionales en los tres ejes fundamentales: adaptación, resistencia y biocompatibilidad. Aunque los costos iniciales y la infraestructura tecnológica pueden limitar su adopción masiva en algunos entornos, los beneficios clínicos a largo plazo y la reducción del tiempo operatorio justifican la inversión^(31,49,50).

El desarrollo de materiales híbridos y la incorporación de inteligencia artificial en el diseño digital permitirán una personalización aún más precisa de las prótesis, integrando simulaciones funcionales, análisis de carga oclusal y predicciones de desgaste. Asimismo, la creciente tendencia hacia la sostenibilidad en odontología impulsa el uso de materiales reciclables y procesos CAD/CAM de bajo desperdicio, alineando la innovación con la responsabilidad ambiental⁽⁵⁰⁾.

En síntesis, los resultados obtenidos sustentan que el PMMA fresado CAD/CAM no solo representa una alternativa viable, sino el nuevo estándar de excelencia clínica, al ofrecer una combinación ideal de precisión, durabilidad y seguridad biológica.

Estos hallazgos respaldan plenamente los objetivos propuestos y confirman que la odontología digital redefine los límites de la rehabilitación oral contemporánea.

7. CONCLUSIONES

Los resultados analizados confirman que las prótesis totales fresadas en PMMA, fabricadas mediante sistemas CAD/CAM, proporcionan una adaptación clínica más precisa y estable que las prótesis acriladas convencionales. La utilización de bloques prepolimerizados elimina los errores dimensionales asociados al proceso manual de polimerización, reduciendo significativamente las discrepancias marginales y mejorando la retención funcional.

Esta precisión se traduce en un mejor sellado periférico, menor presencia de puntos de presión y una experiencia más cómoda para el paciente desde la primera colocación. Además, los flujos digitales permiten reproducir con exactitud la prótesis ante fracturas o pérdidas, simplificando el seguimiento clínico y garantizando resultados más predecibles. En conjunto, la tecnología CAD/CAM demuestra un impacto positivo tanto en la eficiencia del tratamiento como en la percepción subjetiva de confort y adaptación por parte del paciente.

El análisis comparativo de la literatura evidencia que las prótesis fresadas presentan una resistencia mecánica sustancialmente superior a las convencionales. Esta ventaja se atribuye a la estructura densa y homogénea del PMMA industrial prepolimerizado, que carece de burbujas, tensiones internas o monómero residual. Como resultado, las bases fresadas mantienen su integridad estructural incluso tras procesos de envejecimiento acelerado y exposición térmica.

En contraste, las prótesis termo-polimerizadas tradicionales muestran una mayor susceptibilidad a fracturas y deformaciones, especialmente en pacientes con hábitos parafuncionales como el bruxismo. Las propiedades mecánicas optimizadas del PMMA fresado también incrementan la vida útil de la prótesis y reducen la frecuencia de reparaciones o rebasados. Por lo tanto, la evidencia sostiene que el fresado digital no solo

mejora la resistencia material, sino que garantiza una durabilidad funcional prolongada, consolidándose como una opción más eficiente y confiable para la práctica clínica moderna.

Las investigaciones revisadas demuestran que las prótesis fresadas CAD/CAM poseen una biocompatibilidad superior y menor tendencia a la formación de biopelícula que las prótesis acriladas convencionales. La superficie lisa y la baja porosidad de los materiales fresados reducen la adhesión microbiana y dificultan la colonización de *Candida albicans* y otras bacterias, contribuyendo a una mucosa oral más saludable.

Adicionalmente, la liberación de monómero residual es prácticamente nula en las prótesis fresadas debido a su proceso industrial controlado, lo que disminuye el riesgo de reacciones alérgicas, inflamaciones o irritaciones en tejidos blandos. En cambio, las prótesis termo-polimerizadas y algunas impresas en 3D pueden liberar compuestos irritantes si no se curan adecuadamente. Por ello, el fresado digital se posiciona como la opción más segura en términos biológicos, facilitando el mantenimiento diario, prolongando la estabilidad cromática y garantizando una mejor tolerancia tisular a largo plazo.

En síntesis, las prótesis totales fresadas en PMMA representan un avance significativo frente a las acriladas convencionales, al combinar mayor precisión, resistencia y biocompatibilidad dentro de un proceso clínico más eficiente y reproducible.

El enfoque digital ha demostrado optimizar tanto los resultados técnicos como la experiencia del paciente, reduciendo errores operatorios y mejorando la predictibilidad del tratamiento.

Aunque la inversión inicial en equipos CAD/CAM continúa siendo un desafío en algunos contextos clínicos, los beneficios observados en adaptación, durabilidad y salud tisular justifican plenamente su implementación progresiva.

Por tanto, la odontología digital no solo redefine los estándares de calidad en la confección de prótesis totales, sino que establece una base sólida para un futuro clínico más preciso, seguro y personalizado en la rehabilitación oral de pacientes edéntulos.

8. RECOMENDACIONES

- **Respecto a la adaptación clínica y comodidad del paciente:**

Se recomienda priorizar el uso de prótesis totales fresadas mediante tecnología CAD/CAM en casos donde la retención, estabilidad y ajuste funcional sean factores determinantes, especialmente en pacientes adultos mayores o con rebordes alveolares reabsorbidos.

- **Respecto a la resistencia mecánica y durabilidad funcional:**

Los laboratorios y clínicas deberían incorporar materiales prepolimerizados industriales para la confección de bases protésicas, ya que estos garantizan una mayor homogeneidad, resistencia a la flexión y menor riesgo de fracturas a largo plazo.

- **Respecto a la biocompatibilidad y mantenimiento clínico:**

Es recomendable optar por prótesis fresadas en PMMA debido a su baja liberación de monómero residual y mínima formación de biopelícula, lo que favorece la salud de los tejidos blandos y facilita la higiene del paciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials*. 13th ed. St. Louis: Mosby; 2012.
2. Peyton FA. *History of resins in dentistry*. J Prosthet Dent. 1975;34(5):553–558.
3. Takahashi Y, Yoshida K, Akagawa Y. *Polymethyl methacrylate as a denture base resin: historical and current perspectives*. Dent Mater J. 2021;40(3):367–377.
4. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials*. 13th ed. St. Louis: Elsevier; 2013.
5. Vallittu PK. *Effect of polymerization time and temperature on residual monomer content in denture base polymers*. Eur J Oral Sci. 1996;104(5–6):481–485.
6. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB. *CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphology for denture bases*. J Prosthet Dent. 2012;107(1):34–46.
7. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy EA. *Clinical performance of CAD/CAM complete dentures: a review*. J Prosthodont. 2019;28(1):9–15.
8. AlHelal A, Goodacre CJ, Swamidass RS, Lozada JL. *Comparison of retention between maxillary complete dentures fabricated with conventional and CAD/CAM techniques*. J Prosthet Dent. 2017;117(2):233–238.
9. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M. *CAD/CAM complete dentures: a systematic review of the literature*. Int J Prosthodont. 2020;33(4):370–382.
10. Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Baba NZ. *CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems*. J Calif Dent Assoc. 2013;41(6):407–416.
11. Steinmassl PA, Klaunzer F, Steinmassl O. *CAD/CAM produces dentures with improved fit*. J Dent Res. 2018;97(12):1400–1407
12. Goodacre BJ, Goodacre CJ. *Clinical outcomes of CAD/CAM fabricated complete dentures: a systematic review*. J Prosthet Dent. 2020;123(4):660–666.

13. Powers JM, Sakaguchi RL. *Craig's Restorative Dental Materials*. 14th ed. St. Louis: Elsevier; 2018.
14. Chitchumnong P, Brooks SC, Stafford GD. *Comparison of three techniques for processing acrylic resin denture base materials*. J Prosthet Dent. 1989;61(5):656–660.
15. Arora N, Nanda A, Gupta R. *Comparative evaluation of physical and mechanical properties of conventional and CAD/CAM milled PMMA denture base resins*. J Indian Prosthodont Soc. 2022;22(2):123–131.
16. Gad MM, Fouda SM, Al-Harbi FA, Nöpänkangas R, Raustia A. *PMMA denture base material enhancement: a review of fiber, filler, and nanofiller addition*. Int J Nanomedicine. 2017;12:3801–3812.
17. McCabe JF, Walls AWG. *Applied Dental Materials*. 9th ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2013.
18. Nejatidanesh F, Savabi O, Yazdizadeh A. *Effect of polymerization methods on the flexural strength of denture base resins*. J Prosthodont. 2006;15(6):455–459.
19. AlQahtani MQ, AlMowallad M, Gad MM. *Effect of aging on dimensional accuracy and color stability of CAD-CAM milled and 3D-printed denture base resins: a comparative in vitro study*. BMC Oral Health. 2024;24:1124.
20. Yadav NS, Talreja N, Chaudhary P. *Comparative evaluation of surface hardness and color stability of conventional and CAD/CAM milled PMMA resins*. J Clin Diagn Res. 2023;17(4):ZC14–ZC19.
21. Alqahtani MQ, Alqarawi FK, Alqahtani FA. *Comparative evaluation of flexural strength and surface roughness of CAD/CAM milled and heat-cured denture base resins*. J Prosthet Dent. 2023;130(2):190–198.
22. 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):146–158.

23. Tassinari WS, Braden M, Davy KWM. *Water absorption and water solubility of denture base acrylic resins*. *Biomaterials*. 1988;9(5):365–368.
24. Goiato MC, dos Santos DM, Baptista GT. *Color stability of denture base acrylic resins submitted to artificial accelerated aging and immersion in staining solutions*. *J Prosthodont*. 2009;18(5):432–438
25. Gad MM, Al-Harbi FA, Al-Thobity AM. *Effect of aging on flexural strength and color stability of milled and 3D-printed denture base resins*. *J Prosthet Dent*. 2022;127(1):134–143.
26. Steinmassl PA, Dumfahrt H, Grunert I. *Evaluation of material wear and fracture resistance of CAD/CAM milled versus conventional denture bases*. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):1063–1071.
27. Srinivasan M, Schimmel M, Özcan M. *CAD/CAM complete dentures: systematic review of accuracy and clinical performance*. *Clin Oral Investig*. 2020;24(9):2949–2960.
28. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila LV. *CAD/CAM milled versus heat-polymerized denture base materials: a comparative review of mechanical properties*. *J Prosthodont*. 2021;30(4):299–309.
29. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Gad MM, et al. *Clinical performance of CAD/CAM milled complete dentures versus conventional techniques: a randomized controlled trial*. *J Prosthet Dent*. 2021;125(2):303–311.
30. Chuchulska B, Vassileva R, Gerganov I. *Surface roughness and microbial adhesion of denture base resins fabricated by conventional, milled, and 3D-printed methods*. *J Prosthodont*. 2024;33(1):75–84.
31. AlMowallad M, Alqahtani MQ, Alqarawi FK.. *Effect of new-generation denture base materials on esthetics and porosity limitations of PMMA*. *BMC Oral Health*. 2025;25:144–153.
32. Skorulska A, Piszko P, Rybak Z. *Mechanical and optical properties of new-generation CAD/CAM PMMA polymers for denture bases*. *Materials*. 2021;14(19):5568.

33. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre CJ. *Current trends in digital denture fabrication: a narrative review*. J Prosthodont. 2022;31(3):219–227.
34. Revilla-León M, Özcan M, AlHelal A. *Advances in digital denture manufacturing: from subtractive to additive methods*. Int J Comput Dent. 2023;26(1):27–38.
35. Nguyen JF, Ruse ND. *Comparative evaluation of new CAD/CAM denture base materials*. J Dent Res. 2023;102(4):456–463.
36. Memon MS, Yunus N, Razak AA. *Some mechanical properties of a highly cross-linked, microwave-polymerized, injection-molded denture base polymer*. Int J Prosthodont. 2001;14(3):214–218.
37. Rizzatti-Barbosa CM, Ribeiro MC, Sfalcin RA. *Flexural strength and residual monomer content of reline resins after water storage and microwave disinfection*. J Prosthet Dent. 2020;123(1):134–142.
38. Khan AA, Ahmed S, Mehmood Z. *Comparative evaluation of the dimensional accuracy of dentures fabricated by conventional and CAD/CAM techniques*. J Pak Dent Assoc. 2020;29(3):161–167.
39. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. *Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations*. Br Dent J. 2008;204(9):505–511.
40. Ruse ND, Sadoun MJ. *Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications*. J Dent Res. 2014;93(12):1232–1238.
41. Bilgin MS, Baytaroğlu EN, Erdem A. *A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication*. Eur J Dent. 2016;10(2):286–291.
42. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy EA. *Clinical performance and patient satisfaction with CAD/CAM complete dentures: a systematic review*. J Prosthodont. 2020;29(4):324–333.

43. Papadiochou S, Emmanouil I. *Evaluation of patient satisfaction and masticatory performance in complete denture wearers: a systematic review*. Int J Prosthodont. 2018;31(5):460–471.
44. Alfouzan AF, Al-Harbi FA, Gad MM. *Color stability and mechanical performance of CAD/CAM denture base resins after aging*. J Prosthet Dent. 2022;128(2):280–289.
45. Gad MM, Fouda SM, Al-Harbi FA, Näpänkangas R, Raustia A. *Impact of aging and disinfection on surface roughness and color stability of milled PMMA*. J Prosthet Dent. 2023;129(5):455–463.
46. Ruggiero R, Mangano FG, Mangano C. *Digital workflow for complete dentures: a systematic review*. Materials. 2024;17(4):1583.
47. Revilla-León M, Özcan M. *Applications of artificial intelligence in digital prosthodontics*. J Prosthodont. 2024;33(2):113–122.
48. Nayar S, Bhuminathan S, Bhat V. *Nanocomposites in prosthodontics: current trends and future directions*. J Indian Prosthodont Soc. 2021;21(1):1–10.
49. Van Noort R. *The future of dental materials*. Dent Mater. 2021;37(7):1041–1051.
50. Poggio CE, Dagna A, Chiesa M. *Sustainabilityppppp in prosthetic dentistry: digital workflows and new materials*. J Prosthodont Res. 2024;68(3):225–233.