Artículo Original

Revista Ecuatoriana de Pediatría

Editorial: Sociedad Ecuatoriana de Pediatría (Núcleo de Quito, Ecuador)
Tipo de estudio: Artículo Original
Área de estudio: Materiales Dentales
Páginas: 4-18
Codígo DOI: https://doi.org/10.52011/RevSepEc/e321
URL: https://rev-sep.ec/index.php/johs/article/view/321

Resina fotopolimerizable para impresora 3D, resinas a base de PMMA de termocurado, cámara de post-polimerización, rugosidad superficial, pulido

Photopolymerizable resin for 3D printers, heat-curing PMMA-based resins, post-polymerization chamber, surface roughness, polishing

Karen Mireya Taimal Valencia[1]; Pablo Ruben Garrido Villavicencio[2]

RESUMEN

La rugosidad superficial juega un papel muy importante a la hora de evaluar los materiales dentales, ya que influye en su vida útil, el objetivo de este estudio fue evaluar la rugosidad superficial de resinas fotopolimerizables para impresoras 3D y resinas a base de PMMA. **Metodología:** Se realizaron 20 muestras de 25*25*3 mm, se dividieron en dos grupos: grupo A (n=10) resinas fotopolimerizables para impresora 3D y el grupo B (n=10) resinas a base de PMMA de termocurado. Las muestras del grupo A se diseñaron en el software Meshmixer y se organizaron en Photon Workshop 6.4 DLP 3D con una orientación de 0°. La impresión se realizó en una impresora DLP modelo Photon Ultra (Anycubic, Hong Kong-China). Posteriormente, las muestras se lavaron con alcohol isopropílico (90%) durante 5 minutos. Para el post-polimerizado, se utilizó una cámara de curado diseñada en un proyecto de la facultad, aplicando una potencia de 45 vatios y una longitud de onda de 400 a 470 nm durante 16 minutos. Las del grupo B se realizaron a partir de muestras fabricadas con acrílico de autocurado, se les tomó impresiones creando llaves de silicona de condensación, se colocaron en muflas para la realización de las muestras de PMMA, siguiendo las instrucciones del fabricante. Las superficies de las muestras fueron pulidas con una pieza de mano de baja velocidad, operando entre 1500 y 2000 rpm, se creó una tabla de Excel (Microsoft-USA), y los resultados fueron analizados con el software estadístico BioStat 5.3 (Brasil) mediante la prueba T de Student ($p < 0,05$). **Resultados:** Los valores obtenidos fueron menores o iguales a 0,2 µm, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p > 0,05$). **Conclusión:** Los resultados de este estudio destacan que ambos materiales son completamente aceptables para el uso en odontología. Se recomienda realizar investigaciones adicionales que evalúen la rugosidad superficial.

Palabras clave: Resina fotopolimerizable para impresora 3D, resinas a base de PMMA de termocurado, Cámara de post-polimerización, Rugosidad superficial, Pulido

1. Facultad de Odontología; Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador.
2. Facultad de Odontología; Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador.

Karen Mireya Taimal Valencia https://orcid.org/0009-0004-7683-4834
Pablo Ruben Garrido Villavicencio https://orcid.org/0000-0002-5223-1017

Correspondencia: Karen Taimal; Av. Universitaria, 170129 Quito, Ecuador; kmtaimal@uce.edu.ec

Recibido: 10/oct/2024 - Aceptado: 12/nov/2024 - Publicado: 29/ene/2025

ABSTRACT

Surface roughness plays a crucial role in evaluating dental materials as it influences their durability. The objective of this study was to assess the surface roughness of light-curable resins for 3D printers and PMMA-based resins. **Methodology:** A total of 20 samples measuring 25×25×3 mm were prepared and divided into two groups: Group A (n=10), consisting of light-curable resins for 3D printers, and Group B (n=10), composed of heat-cured PMMA-based resins. Samples in Group A were designed using Meshmixer software and arranged in Photon Workshop 6.4 DLP 3D with a 0° orientation. Printing was performed using a Photon Ultra DLP printer (Anycubic, Hong Kong-China). The samples were then washed with 90% isopropyl alcohol for 5 minutes. For post-curing, a custom-designed curing chamber from the faculty project was used, applying a power of 45 watts and a wavelength of 400 to 470 nm for 16 minutes. Group B samples were created from self-curing acrylic impressions using condensation silicone keys and were placed in flasks for PMMA sample production following the manufacturer's instructions. The sample surfaces were polished using a low-speed handpiece operating between 1500 and 2000 rpm. Data were recorded in an Excel spreadsheet (Microsoft-USA) and analyzed using the BioStat 5.3 statistical software (Brazil) through a Student's t-test ($p < 0.05$). **Results:** The obtained values were ≤ 0.2 µm, with no statistically significant differences between both groups ($p > 0.05$). **Conclusion:** The results of this study highlight that both materials are entirely acceptable for use in dentistry. Further research is recommended to evaluate surface roughness in greater depth.

Keywords: Light-Curable Resin for 3D Printers, Heat-Cured PMMA-Based Resins, Post-Curing Chamber, Surface Roughness, Polishing.

Introducción

La rugosidad superficial es un conjunto de irregularidades que pueden llegar a encontrarse en cualquier superficie de los materiales usados en la práctica odontológica. Esta depende de muchos factores, como la composición, el tamaño, el pulido, factores incluso independientes, como el cepillado dental, el uso de enjuagues bucales, entre otros (1).

Una superficie rugosa puede traer como consecuencia la acumulación de placa bacteriana, lo que afectará directamente la durabilidad de los trabajos protésicos realizados y afectará también la salud bucal de los pacientes (2).

En la odontología existen un sinnúmero de materiales dentales que pueden ayudar en la rehabilitación de los pacientes; sin embargo, en este estudio se habla de: La resina de impresora 3D, la cual es material líquido fotopolimerizable que tiene la capacidad de solidificarse al exponerse a la luz ultravioleta (UV), la combinación de los componentes que forman dicha resina puede garantizar resultados provisionales o definitivos de buena calidad (3,4).

Sin embargo, el material considerado como gold standard es el PMMA, un polímero termoplástico, el más conocido de la familia de los metacrilatos; se obtiene a partir de la polimerización en cadena del metacrilato y presenta una excelente biocompatibilidad (5).

La literatura menciona que para garantizar la vida útil de estos materiales es importante el acabado de los mismos, es decir, deben ser sometidos a un proceso de pulido, el cual ayudará a disminuir la rugosidad superficial, evitando así acumulación de bacterias, el cambio de color en los materiales y, lo principal, ayudará a prevenir enfermedades en la cavidad bucal (6).

Esta investigación busca evaluar la rugosidad superficial de resinas fotopolimerizables para impresoras 3D y resinas a base de PMMA antes y después de aplicar un protocolo de pulido con el fin de determinar, cuál es el material que presenta una superficie mucho más lisa, favoreciendo así a los estudiantes y profesionales de odontología, ya que les ayudará a elegir el material más adecuado.

Desarrollo

Resinas de PMMA

Definición.

El PMMA se descubrió a inicios de la década de 1930 por los británicos Rowland Hill y John Crawford en Imperial Chemical Industries (7).

Es un polímero termoplástico, el más conocido de la familia de los metacrilatos; se obtiene mediante la polimerización en cadena del metacrilato, suele ser transparente y rígido, presenta una excelente biocompatibilidad y se utiliza ampliamente en la odontología para la elaboración de diversas prótesis definitivas y provisionales, placas de ortodoncia, etc (5).

Composición.

El PMMA cuenta con varios componentes dentro del polvo y el líquido, los mismos que serán mencionados a continuación en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Componentes del polvo de las resinas de PMMA.

Polvo	
Componente	Función
Poli (metilmetacrilato)	Partículas de polímero.
Peróxido de benzoílo	Iniciador.
Dióxido de titanio	Reduce la translucidez.
Pigmentos	Simula los colores de los tejidos.
Fibras de colores	Simula los pequeños vasos sanguíneos.

Fuente: Carol Dixon Hatrick, W. Stephan Eakle, William F. Bird.

Tabla 2. Componentes del polvo de las resinas de PMMA.

Polvo	
Componente	Líquido
Metilmetacrilato	Monómero.
Hidroquinona	Inhibidor que previene la polimerización del monómero durante su almacenamiento.
Dimetacrilato de glicol	Agente para el entrecruzamiento de cadenas.

Fuente: Carol Dixon Hatrick, W. Stephan Eakle, William F. Bird.

Reacción química

Las resinas acrílicas son activadas por calor o químicamente; el polvo tiene peróxido de benzoilo, el cual es activado y se despliega en dos radicales benzoicos libres[11,12].

Peróxido de benzoílo + calor o amina: Radicales benzoicos.

> Estos radicales son capaces de reaccionar con las moléculas de monómeros (metacrilato de metilo), rompen la doble ligadura e inicia el proceso de polimerización llamado iniciación. La reacción continúa llamándose propagación y, al finalizar la reacción, se le denomina terminación:

Radicales benzoicos + Monómero: polímero(8,9).

Propiedades fisicoquímicas

Al realizar la mezcla del polvo con el líquido, se presentan diferentes fases; esto sucede generalmente cuando la mezcla tiene una proporción de 3 a 1 en volumen y 2 a 1 en peso (8).

Fase arenosa

Sucede al entrar en contacto el líquido con el polvo (8).

Fase filamentosa

También llamada pegajosa, comienza al diluirse el polvo dentro del líquido, iniciando así la polimerización (8).

Fase plástica

En el proceso de polimerización continua, se forman cadenas con longitudes; la mezcla ya no se pega en la espátula ni en los dedos, y es la fase en la que debe colocarse o empacarse en las zonas que se quieren reproducir. Esta fase se prolonga entre los 10 y 40 minutos (8).

Fase elástica

Se produce la evaporación del monómero remanente y adquiere una consistencia elástica. En esta fase no se recomienda utilizarlo para la realización de prótesis definitivas, provisionales, entre otros, ya que solo es parte de una secuencia en el proceso de polimerización antes de empezar la siguiente fase (8).

Fase de solidificación

En esta fase se presenta la reacción exotérmica (8).

Fase rígida

La resina endurece hasta el punto de no permitir su deformación fácilmente (8).

Tiempos de polimerización

Para las resinas a base de PMMA de termocurado, se deben sumergir las muflas en agua, la cual debe tener diferentes temperaturas, esto con el fin de otorgar el calor necesario para que se dé la reacción de polimerización (7,8).

Existen dos ciclos que pueden ser aceptados de tiempo y temperatura:

- Durante 8 horas o más a 74°C (7,8).
- Durante 2 horas a 74°C y después se incrementa a 100°C por 1 hora más (7,8).

Uso odontológico

El PMMA tiene múltiples aplicaciones en la odontología, abarcando la fabricación de diversos elementos como son: placas miorrelajantes, base para prótesis parciales y totales, cubetas individuales, patrones de yeso, dentaduras postizas provisionales inmediatas, coronas provisionales, dientes artificiales, reparación de dentaduras postizas completas, acrilación de aparatos de ortodoncia y ortopedia, guardas para colocación de flúor y para blanqueamientos. Además de eso, pueden crearse artefactos que sustituyan la pérdida de tejidos blandos y óseos causados por traumatismos, cirugías o defectos de nacimiento(10).

Ventajas en odontología

- Material altamente biocompatible.
- Tolerante a las fuerzas masticatorias, debido a que presenta una resistencia a la flexión de 90 MPa.
- Posee una resistencia a la tracción de 60 MPa.
- De fácil pulido.
- Presenta resistencia al desgaste, lo que está directamente relacionado con la dureza de su superficie, que es de 300 MPa.
- Posee un módulo de elasticidad cercano a 2,400 MPa.
- La resistencia a la fractura del PMMA muestra la capacidad que tiene para resistir a la propagación de grietas, siendo de 2 MN/m3 (7).

Desventajas en odontología

- Carece de propiedades antimicrobianas.
- La conductividad térmica del PMMA es relativamente baja, siendo este un inconveniente a la hora de realizar prótesis, ya que la base de estas debe tener una conductividad adecuada para disipar la temperatura que presentan los alimentos hacia los tejidos de la cavidad bucal.
- Presenta una alta absorción de agua.
- Posee una solubilidad bastante elevada en cetonas y esteres, por lo que debe evitarse el contacto o limpieza de prótesis con alcoholes.
- Suelen presentar cambios dimensionales debido a su contracción de polimerización que va de -0.5 a -0.58% (7).

Toxicidad

La ficha clínica de la resina acrílica a base PMMA de termocurado indica que no hay

riesgo tóxico si se utiliza siguiendo las instrucciones del fabricante. Sin embargo, si un paciente es alérgico a cualquiera de los componentes del polvo o del líquido, se recomienda evitar el uso de este producto [11].

No obstante, el PMMA causa una reducción en la presión arterial, siendo más notable en individuos de edad avanzada o con afecciones cardiovasculares, debido a su efecto citotóxico en el músculo liso vascular y/o en el miocardio. Muy esporádicamente se aprecian fenómenos de microembolias pulmonares múltiples, apareciendo histológicamente émbolos grasosos o de monómero (11).

Manipulación

La técnica empleada para las resinas de termocurado implica el uso de enmuflado. En un recipiente de boca ancha con tapa, se mezcla el polvo y el líquido siguiendo la proporción recomendada por el fabricante, que suele ser de 3 a 1 en volumen. Se espera que pase por las etapas arenosa y pegajosa. Durante la etapa plástica, se extrae el material con una espátula o con los dedos, luego se coloca sobre el yeso de la media mufla, previamente cubierto con un aislante para separar el yeso de la resina acrílica a base de PMMA. Una vez realizado este proceso, se comprime la resina con los dedos y se aplica una presión utilizando la contratapa de la mufla y se procede a prensar. Posteriormente, se sumerge la prensa ya con la mufla en el agua a la temperatura requerida. Ya que han transcurrido 30 minutos, se retira la prensa con la mufla del agua caliente y se lleva a enfriar, con un chorro de agua o sumergiéndola en abundante agua durante 15 minutos. Finalmente, una vez culminados todos estos pasos, se puede abrir la mufla y retirar el objeto fabricado (12).

Resinas de impresoras 3D

Las resinas para impresoras 3D en la odontología son materiales líquidos fotopolimerizables que se solidifican al exponerse a la luz ultravioleta (UV).

Están formadas por:

- Monómeros: como acrilatos y metacrilatos, los cuales forman estructuras rígidas y duraderas.
- Oligómeros: como poliuretanos y epóxidos, estos aportan flexibilidad y la resistencia.
- Fotoiniciadores: inician la polimerización bajo luz UV, dando como resultado impresiones precisas y detalladas.

La combinación de todos estos componentes garantiza que las prótesis, ya sean provisionales o definitivas, sean de buena calidad (3,4).

Métodos para Impresión 3D

Estereolitografía (SLA):

En este método, la resina es expuesta a láser UV en un tanque, esto con la finalidad de provocar la fotopolimerización y solidificación precisa punto por punto, permitiendo crear detalles sumamente finos, los cuales son aceptables e ideales para el uso en odontología (13).

Procesado digital de luz (DLP):

Utiliza un proyector, el cual permite mostrar la imagen de cada capa del objeto que se va a fabricar. Esto permite que la luz fotopolimerice toda la capa de una sola vez, haciendo el proceso más rápido en comparación con la estereolitografía tradicional (14,15).

Pantalla de cristal líquido (LCD):

Se emplea una pantalla LCD que proyecta luz UV al encenderse. Esta luz atraviesa la pantalla, donde se bloquean las áreas que no necesitan fotopolimerización, creando patrones para cada capa del objeto. Debido a la posibilidad de fugas de luz, esta técnica tiene una precisión inferior en comparación con SLA y DLP (16).

PolyJet:

Este método permite la impresión de múltiples colores simultáneamente. Estas impresoras cuentan con dos cabezales, uno que es el encargado de depositar la resina líquida y el otro que se encarga de la activación de la luz UV (17).

Ventajas en odontología

- Una de las principales ventajas en odontología es que pueden producir modelos dentales y dispositivos con una precisión excepcional y detalles finos, lo que permite una reproducción exacta de la anatomía oral del paciente (18).
- La personalización de los aparatos dentales impresos en 3D permite adaptarlos a las necesidades específicas que presenta cada paciente, mejorando así la efectividad del tratamiento (18).
- El tiempo de fabricación de aparatos dentales, tanto fijos como provisionales, es más corto; esto agiliza el proceso del tratamiento y reduce significativamente el tiempo de espera (19).

Desventajas en odontología

- La durabilidad y la resistencia de las resinas impresas en 3D se ven un poco afectadas en comparación con otros materiales dentales, como lo son la cerámica o el metal (20,21).
- Requiere una inversión significativa en equipos y capacitaciones (21,22).
- No todas las resinas para impresión 3D cumplen con los estándares necesarios. La biocompatibilidad de las resinas debe ser evaluada para evitar reacciones adversas (20,22).

Toxicidad

Las resinas fotopolimerizables para impresoras 3D presentan un buen rendimiento en aplicaciones clínicas, con muy bajas complicaciones relacionadas con la toxicidad.

Hay que tener en cuenta que, durante el proceso de impresión 3D y fotopolimerización de las resinas, se pueden liberar compuestos orgánicos volátiles (COV), que son sumamente tóxicos. Estar expuestos a los COV puede provocar irritación en los ojos, la piel y las vías respiratorias, y en casos graves, puede tener efectos adversos en la salud a corto o largo plazo. Como lo es el caso de las resinas líquidas, ya que estas presentan monómeros que pueden resultar irritantes y tóxicos si entran en contacto directo con la piel o si se inhalan (21,23).

Manipulación

Se debe tener una buena manipulación a la hora de utilizar la resina de impresora 3D; esto es crucial para garantizar la seguridad tanto de los pacientes como del personal clínico (21).

Manipulación segura de resinas no curadas.

Las resinas no curadas contienen monómeros y fotoiniciadores que pueden ser irritantes y tóxicos si no se manejan adecuadamente. Es fundamental que el personal clínico utilice equipo de protección personal (EPP). La exposición repetida a estos componentes puede causar dermatitis de contacto y sensibilización química. Además, las áreas donde se manipulan resinas deben estar bien ventiladas para reducir la concentración de compuestos orgánicos volátiles (COV) en el aire (21).

Procedimientos de manipulación y uso de equipos.

Los procedimientos incluyen la transferencia cuidadosa de las resinas desde sus contenedores hasta los tanques de las impresoras 3D, evitando derrames y salpicaduras. Es importante utilizar herramientas delicadas y limpias para la manipulación de las resinas, hay que seguir las instrucciones del fabricante respecto al almacenamiento y al uso de los productos.

Durante el proceso de impresión, hay que asegurarse que la polimerización de la resina sea completa. Los objetos impresos deben someterse a un curado post-impresión en cámaras de curado UV, garantizando así que todos los monómeros residuales se polimericen, disminuyendo el riesgo de toxicidad al manipular los objetos finales (21).

Disposición de residuos

Las resinas que no fueron curadas y los restos de la impresión deben considerarse materiales peligrosos y deben ser desechados según las normativas locales e internacionales sobre desechos peligrosos (21).

Los embaces o contenedores para residuos deben estar etiquetados y ser manejados

por empresas y personas especializadas en la eliminación de productos químicos (21).

Capacitación y educación

Los profesionales deben estar en constante capacitación, ya que esto es esencial para mantener prácticas de manipulación seguras sin correr ningún riesgo (21).

Rugosidad superficial

Es un conjunto de irregularidades que presenta la superficie de cualquier material. La rugosidad superficial depende de múltiples factores tanto intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos son de carga: composición, tamaño y distribución. Los factores extrínsecos hacen referencia a: procedimientos de pulido, factores como la masticación, cepillado dental y uso de enjuagues bucales (24).

Las formas de medir la rugosidad se basan en la clasificación internacional de irregularidades, cuantificadas en micrómetros (µm). Este proceso consiste en calcular la media aritmética (Ra) de los valores de altura medidos desde una línea central. Para ello, se utiliza un rugosímetro, un instrumento que cuenta con una punta fina que entra en contacto con la superficie y realiza un barrido para detectar diferencias de altura. Estas diferencias se transforman en señales eléctricas, que luego son medidas y dibujadas (25,26).

Irregularidades superiores a 0,2 µm pueden causar un notable desgaste de la superficie, haciéndola más propensa a la tinción y favoreciendo la retención de microorganismos. Esto, a su vez, aumenta la incidencia de inflamaciones periodontales y lesiones secundarias. Esta propiedad está directamente relacionada con la técnica de acabado y pulido de las restauraciones (24,27)..

Importancia del acabado y pulido en resinas

El procedimiento de acabado y pulido ayudan a eliminar las imperfecciones, reducir la rugosidad superficial, mejorar la estética y funcionalidad, es crucial para lograr una superficie completamente lisa. El acabado y pulido de las restauraciones no solo se basa en mejorar su aspecto, sino también en prevenir la acumulación de residuos en superficies irregulares. Esta acumulación puede facilitar la adhesión de placa bacteriana, aumentando el riesgo de caries secundarias y enfermedades de los tejidos blandos. Por lo tanto, el acabado y pulido de los materiales dentales son esenciales no solo para mantener la apariencia de la restauración ya sea fija o provisional sino también para proteger la salud bucal de los pacientes (27,28).

Metodología

Este documento de investigación describe un estudio experimental in vitro que compara dos biomateriales dentales: resina de impresora 3D y resina a base de PMMA.

El estudio involucró 20 muestras cuadrangulares (25 x 25 x 3 mm) divididas en dos grupos de 10: uno hecho de resina de impresora 3D y el otro de resina de PMMA termocurada. Se utilizó un método de muestreo no probabilístico por conveniencia.

Los criterios de inclusión para ambos tipos de resina especificaron: muestras de prueba fotopolimerizadas/termocuradas e intactas de las dimensiones definidas, tanto sin pulir como pulidas con puntas de goma gruesa, mediana y fina, y un cepillo de pelo de cabra.

Los materiales utilizados en el estudio incluyeron un rugosímetro, un calibrador digital, una cámara de post-polimerización, resina para impresora 3D, una impresora 3D Anycubic Photon Ultra, resina a base de PMMA, silicona de condensación, yeso piedra, yeso blanco, muflas, aislante, una prensa, una cocina, agua, una olla, alcohol, agua destilada, puntas de goma para pulir (granulación: gruesa, mediana y fina), un cepillo de pelo de cabra, un micromotor Marathon 3 Champion, acrílico de autocurado, un lápiz, una regla y un disco de diamante.

Estandarización

Grupo A

La distribución y el tamaño de las muestras se realizó utilizando el software Meshmixer.

Una vez impresas las muestras, se limpió exhaustivamente cada una de ellas con alcohol isopropílico al (90%). Posteriormente, las muestras fueron tratadas mediante un proceso de polimerización en una cámara de post-polimerización durante un lapso de 16 minutos, con una potencia de 45 vatios y una longitud de onda de entre 400 y 470 nm, condiciones óptimas que permiten realizar una polimerización completa y uniforme. Para finalizar, se comprobó, utilizando un paquímetro digital, que cada muestra cumpliera con las dimensiones establecidas de 25 mm de largo * 25 mm de ancho y * 3 mm de espesor.

Grupo B

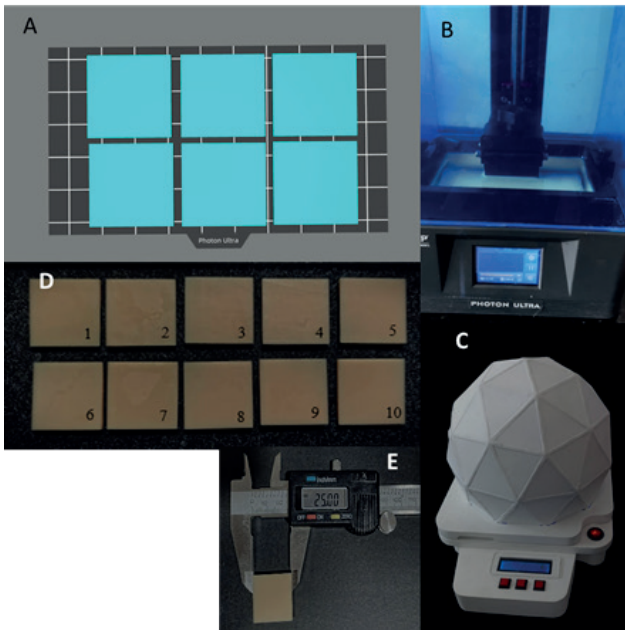
Una vez obtenidas las muestras de PMMA en crudo, se verificaron sus dimensiones con la ayuda del paquímetro digital, esto con el fin de asegurarse que cumplan con las medidas establecidas, es decir, 25 mm de largo, * 25 mm de ancho y * 3 mm de espesor. Aquellas muestras que no cumplían con estas dimensiones fueron desgastadas en los laterales. Dichos desgastes ayudaron a obtener las medidas exactas y a garantizar que las muestras se adaptaran correctamente a los requerimientos del estudio. Es importante mencionar que, durante la fabricación de estas muestras, se evitó manipular las superficies para no interferir, ni distorsionar las mediciones de la rugosidad superficial.

Pulido de las muestras

Las muestras, tanto del grupo A como del grupo B, fueron sometidas a un proceso de pulido el cual consistía en pulir las muestras durante 4 minutos utilizando tres diferentes gomas de granulación progresiva: gruesa, mediana y fina. Para finalizar el proceso de pulido se utilizó un cepillo de pelo de cabra. Todo este proceso se realizó utilizando un micromotor Marathon 3 Champion, el cual permitió un control preciso y constante durante todo el protocolo de pulido. Con la ayuda de un cronómetro, se verificaron los tiempos de pulido, destinando 1 minuto para cada goma a 8.000.000 rpm, el cual se distribuyó en intervalos de 15 segundos por cada lado de la superficie de la muestra. El mismo procedimiento se aplicó durante el uso del cepillo de pelo de cabra, garantizando así la uniformidad y precisión en el proceso de pulido de todas las muestras.

Procedimiento

Figura 1. Utilizando el software Meshmixer, se generó la plantilla donde consta tanto el tamaño (25*25*3) como la distribución de las muestras (A). Impresión de las muestras de resina 3D (B). Polimerización de las muestras (C). Muestras de resina impresa en 3D y enumeradas (D). Medición de las muestras con paquímetro digital (E).



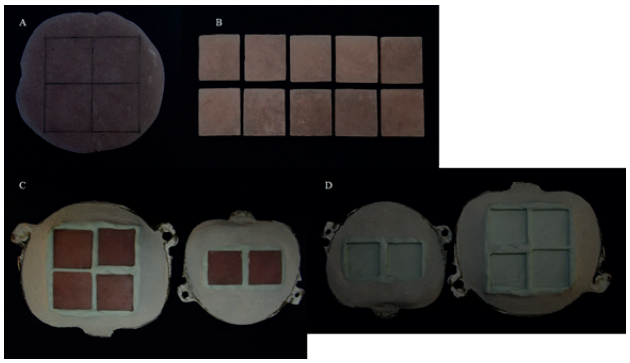
Grupo A

El estudio experimental in vitro se llevó a cabo con 20 muestras cuadrangulares (25 x 25 x 3 mm) divididas en dos grupos de 10: resina de impresora 3D (Grupo A) y resina a base de PMMA (Grupo B), seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Para el Grupo A, las muestras se diseñaron en Meshmixer, se imprimieron, se limpiaron con alcohol isopropílico al 90% y se post-polimerizaron durante 16 minutos. Se verificaron sus dimensiones y se enumeraron. En el Grupo B, se recibieron las muestras de PMMA en crudo y se ajustaron sus dimensiones mediante desgaste lateral si era necesario, evitando la manipulación superficial. Todas las muestras, de ambos grupos, se sometieron a un proceso de pulido de 4 minutos con gomas de granulación progresiva (gruesa, mediana y fina) y un cepillo de pelo de cabra, utilizando un

micromotor con tiempos controlados (1 minuto por goma a 8.000.000 rpm y 1 minuto para el cepillo a 10.000.000 rpm). Para el Grupo A, el procedimiento incluyó la generación de la plantilla en Meshmixer, la impresión, la limpieza, la post-polimerización, la verificación dimensional, la medición inicial de la rugosidad en cuatro puntos, el pulido secuencial con las tres gomas y el cepillo, y finalmente, la medición de la rugosidad post-pulido, utilizando un rugosímetro con una longitud de medición de 1 mm y una velocidad de 0.5 mm/s.

Grupo B

Figura 2. Moldes de resina acrílica de autocurado (A y B). Muflas con impresiones y molde de resina acrílica de autocurado (C). Muflas con impresiones (D).



Para el Grupo B (resina a base de PMMA), se fabricaron 10 moldes de resina acrílica autocurable de 25x25x3 mm, los cuales fueron recortados con un disco de diamante y se les tomó una impresión con silicona de condensación. Estos moldes se colocaron en muflas con una mezcla de yeso tipo II y III para evitar deformaciones en la silicona durante el fraguado del yeso. Tras fraguar, se retiraron los moldes de silicona, se preparó la resina PMMA según las instrucciones del fabricante y se colocó en los espacios vacíos. Las muflas se prensaron, se eliminaron los excesos, se volvieron a prensar y se termopolimerizaron en agua caliente durante 1 hora. Las muestras se almacenaron en agua destilada por 48 horas para eliminar monómeros residuales y se calibraron a 25x25x3 mm con un paquímetro. Cada muestra se enumeró para el seguimiento pre y post-pulido. Se midió la rugosidad inicial en cuatro puntos de cada muestra con un rugosímetro. Posteriormente, se pulieron las muestras durante 4 minutos con gomas de granulación gruesa, media y fina a 8.000.000 rpm (1 minuto por goma, 15 segundos por lado) y se finalizó con un cepillo de pelo de cabra a 10.000.000 rpm durante 1 minuto. Finalmente, se realizó una segunda medición de rugosidad en las mismas cuatro zonas de cada muestra.

Consideraciones Éticas

El presente estudio in vitro, titulado "Rugosidad superficial de resinas fotopolimerizables para impresoras 3D y resinas a base de PMMA", fue llevado a cabo por la investigadora Taimal Valencia Karen Mireya. Dado que la investigación se realizó bajo un diseño experimental in vitro sin la intervención directa ni la toma de muestras en seres humanos vivos, no requirió de la firma de un consentimiento informado tradicional; sin embargo, el protocolo metodológico y los lineamientos de bioseguridad y manejo de materiales fueron evaluados y aprobados formalmente por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Central del Ecuador (CEISH-UCE) —avalado por el Ministerio de Salud Pública mediante el Oficio N° MSP-VGVS-2021-0076-O de fecha 22 de febrero de 2021—, obteniendo su aprobación oficial el 01 de agosto de 2024.

Resultados

Tabla 4. Resultados de Rugosidad Superficial (µm)

ANTES		DESPUES	
GRUPO A	GRUPO B	GRUPO A	GRUPO B
0,17825	3,076	0,224	0,147
0,217	0,9525	0,158	0,078
0,272	2,55575	0,133	0,090
0,19775	1,583	0,163	0,124
0,2545	3,3725	0,204	0,128
0,226	1,59425	0,100	0,081
0,15775	3,236	0,133	0,097
0,21225	0,647	0,191	0,081
0,22225	3,4195	0,140	0,101
0,184	3,3575	0,183	0,161

En la tabla número 4 se puede apreciar los resultados en micrómetros (µm) del ensayo

de rugosidad superficial realizados en los grupos correspondientes a: grupo A, correspondiente a las muestras de resinas fotopolimerizables para impresoras 3D, y el grupo B de resina a base de PMMA.

Tabla 5. Estadística descriptiva de los grupos A Y B.

GRUPO A (IMPRESIÓN 3D)					
N	10				
Media	0,16	Error Estándar de la Media	0,01		
Media LCL 95%	0,14	Media UCL 95%	0,19		
Media recortada (5%)	0,16	Media Geométrica	0,16	Media Armónica	0,15
Mediana	0,16	Error de la Mediana	0,00	Moda	0,13
Desviación Estándar	0,04	Varianza	0,00	Coeficiente de Variación	0,23
Rango	0,12	Mínimo	0,10	Máximo	0,22
IQR	0,05	Percentil 25% (Q1)	0,13	Percentil 75% (Q3)	0,19
Desviación Media	0,03	MAD (Mediana de la desviación absoluta)	0,05	Coeficiente de dispersión (COD)	0,19
GRUPO B (PMMA)					
N	10				
Media	0,11	Error Estándar de la Media	0,01		
Media LCL 95%	0,09	Media UCL 95%	0,13		
Media recortada (5%)	0,11	Media Geométrica	0,11	Media Armónica	0,10
Mediana	0,10	Error de la Mediana	0,00	Moda	#N/A
Desviación Estándar	0,03	Varianza	0,00	Coeficiente de Variación	0,27
Estándar				Variación	
Rango	0,08	Mínimo	0,08	Máximo	0,16
IQR	0,04	Percentil 25% (Q1)	0,08	Percentil 75% (Q3)	0,13
Desviación Media	0,03	MAD (Mediana de la desviación absoluta)	0,02	Coeficiente de dispersión (COD)	

En la tabla número 5 se observan los valores de las medias del ensayo de rugosidad superficial de los dos grupos analizados, el Grupo A es de 0,16 µm y el Grupo B 0,11 µm, además están presentes valores importantes como la varianza y la desviación estándar.

Estadística inferencial

Tabla 6. W de Shapiro-Wilk

Prueba de normalidad

W de Shapiro-Wilk	**Estadístico de la prueba**	**Valor p**
Grupo A	0,9789	0,9588
Grupo B	0,8961	0,1984

En la tabla número 6 se puede apreciar que los valores del nivel de significación son superiores a 0,05; por tanto, se acepta que las muestras provienen de poblaciones con distribución Normal, entonces para la comparación de grupos se utiliza un t de Student.

Prueba de homogeneidad

Tabla 7. Pruebas de Homogeneidad

Homogeneidad de Varianzas			
Hartley Fmax	1.340,0381	Valor p	< 0.001
Cochran C	0,9970	Valor p	0,0000
Prueba de Bartlett (d.f. = 3)	131,2616	Valor p	0,0000
Levene's F (se basa en la media)	48,2647	Valor p	1,0659E-12

En los estudios de homogeneidad se puede observar que las muestras son homogéneas, ya que, los niveles de significación son superiores a 0,05.

Prueba de T STUDENT

Tabla 8. Test de Student

Comparación de Medias						
Estadística Descriptiva						
VAR	N	Media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Máximo
GRUPO A (1)	10	0,1629	0,0379	0,0014	0,1000	0,2240
GRUPO B (2)	10	0,1086	0,0296	0,0009	0,0775	0,1610
Reporte de medias						
VAR	Media	95% LCL	95% UCL			
GRUPO A (1)	0,1629	0,1358	0,1900			
GRUPO B (2)	0,1086	0,0874	0,1297			
Diferencia de medias (1-2)	0,0544	0,0224	0,0863			
Prueba t suponiendo varianzas iguales						
Diferencia de Medias Hipotetizada	0,0000					
Diferencia de medias	0,0544					
Varianza Combinada	0,0012					
Estadístico de la prueba	3,5758					
Grados de Libertad	18					
Test de Student						
t Valor Crítico (5%)	-1,7341	Valor p	0,9989	H1 (5%)	rechazado	

En la tabla 8 se aplicó el test de Student para determinar si existe diferencia en los grupos estudiados, se obtuvo un valor de p> 0,05 indicando que no existe diferencia entre los grupos.

Análisis de varianza

Tabla 9. ANOVA y test de Tukey

ANOVA							
Origen de la Variación	d.f.	SS	MS	F	Valor p	F crit	Omega Cuadrado
Entre Grupos	3	36,9565	12,3188	41,8597	7,9432E-12	2,8	0,7540
Tukey							
Grupos	Diferencia		Estadístico de la prueba		Valor p		Significativo
GRUPO A (ANTES) vs GRUPO A (DESPUES)	0,0493		0,2872		0,997		No
GRUPO A (ANTES) vs GRUPO B (ANTES)	-2,1672		12,6333		-1,2E-6		Sí
GRUPO A (DESPUES) vs GRUPO B (DESPUES)	0,0544		0,3168		0,9960		No
GRUPO B (ANTES) vs GRUPO B (DESPUES)	2,2709		13,2374		-1,1E-6		Sí

Se compararon los grupos antes y después de ser pulidos; para lo cual, se realizó un análisis de varianzas (ANOVA), se observa en la tabla 9 que el valor de p es menos que 0,05 por lo cual se confirma que, si existen diferencia entre los grupos, para establecer en que grupo existe la diferencia se complementa este estudio con un test de Tukey donde se observa que hay diferencia entre Grupo A (Antes) Vs Grupo B (Antes) Y Grupo B (Antes) Vs Grupo B (Después).

Discusión

Un factor crítico al momento de evaluar los materiales dentales es la rugosidad superficial, ya que influye en su durabilidad y funcionalidad. Aquellas superficies que presenten una mayor rugosidad superficial pueden facilitar la adhesión y acumulación de bacterias, lo que compromete la salud bucal de los pacientes. Por este motivo, un protocolo de pulido abrasivo y uniforme es indispensable, ya que permite eliminar imperfecciones, disminuyendo así la rugo-

sidad superficial, optimizando la estética y la funcionalidad de dichos materiales. Obtener una superficie completamente lisa no solo mejora la apariencia del material, sino que también reduce el riesgo de acumulación bacteriana, contribuyendo así a preservar la salud bucal de los pacientes a largo plazo.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo, comparar la rugosidad superficial de dos materiales dentales: las resinas fotopolimerizables de impresora 3D y las resinas a base de PMMA de termocurado.

Las pruebas estadísticas realizadas en este estudio revelaron que no existen diferencias significativas en la rugosidad superficial de las resinas fotopolimerizables de impresora 3D y las resinas a base de PMMA de termocurado tras realizar el protocolo de pulido. Esto puede explicarse por la naturaleza de los materiales y la efectividad que presentan tras realizar los protocolos de acabado final. La rugosidad final depende mucho del proceso de pulido más no del método de fabricación (29).

La resina de impresora 3D y la resina a base de PMMA presentan composiciones químicamente distintas, pero al aplicar un proceso de pulido adecuado, la rugosidad superficial de estas logra valores clínicamente aceptables (30).

Dichas resinas están diseñadas para lograr superficies completamente lisas al aplicar un proceso de pulido. Autores destacan que, al aplicar protocolos uniformes de pulido, las diferencias en la rugosidad superficial entre estas dos resinas son mínimas. Ambos materiales responden de manera similar al tratamiento superficial debido a la eliminación eficiente de asperezas e irregularidades (31).

Con respecto a las resinas de impresora 3D, los valores en crudo de su rugosidad superficial tienden a ser más homogéneos. Es decir que antes de realizar el pulido, su rugosidad ya es relativamente baja. Esto puede justificarse ya que en la actualidad las impresoras 3D Pueden producir capas muy finas y precisas, lo que da como resultado una superficie inicial relativamente lisa. Por ende, no se ve una diferencia significativa tras realizar el protocolo de pulido. Varios autores realizaron estudios donde se analizó la rugosidad de las resinas de impresora 3D antes y después de un protocolo de pulido, y concluyeron que: la impresión inicial produce superficies con valores de rugosidad bajos (2,32). Por tanto, el pulido adicional no genera un impacto significativo en la rugosidad porque la superficie ya está muy cerca de su nivel óptimo de suavidad.

Hay que tener muy en cuenta que en ocasiones al pulir las resinas de impresora 3D se puede ocasionar un aumento en la rugosidad, esto dependerá de que tan abrasivos sean los métodos de pulido. Varios autores encontraron que ciertos sistemas de pulido pueden incrementar la rugosidad superficial en resinas impresas en 3D. Este efecto se atribuye a la interacción entre la composición química de la resina y el abrasivo del pulidor, que, en lugar de suavizar la superficie, puede crear irregularidades adicionales (33).

En cuanto a la resina a base de PMMA de termocurado, la diferencia de la rugosidad de su superficie antes y después del pulido fue bastante significativa, dado que antes del protocolo de pulido se registraron medidas de hasta 3 micras y posterior a este los valores disminuyeron, llegando inclusive a igualar los valores de la resina para impresora 3D. Siendo así, que el pulido mejora considerablemente la calidad superficial de estas resinas, logrando niveles comparables con las resinas fotopolimerizables. Estas diferencias se deben a que el proceso de termocurado puede generar irregularidades superficiales más marcadas que requieren mayor tratamiento abrasivo para homogeneizarse. Las resinas de PMMA de termocurado tienen superficies más rugosas antes del pulido en comparación con las resinas impresas. El pulido mejora la calidad de estas resinas, logrando niveles aceptables y similares a las resinas fotopolimerizables (34).

Las técnicas que se utilizan para el pulido de las resinas de PMMA son esenciales para minimizar la rugosidad superficial, garantizando así una superficie más homogénea, lo que mejora la estética y la funcionalidad el material (35).

La rugosidad superficial de estas resinas puede comportarse de manera muy diferente antes y después del pulido, debido a las propiedades que presenta cada material y a la efectividad del protocolo de pulido. Las resinas a base de PMMA de termocurado suelen presentar una mayor rugosidad inicial, por esta razón el pulido genera un impacto más significativo en la mejora de su superficie. En cambio, las resinas de impresora 3D de fotopolimerización tienen a presentar una superficie inicial más lisa y uniforme, lo que resuelta en una menor diferencia en la rugosidad después del pulido (2).

Sin embargo, es fundamental realizar estudios adicionales que examinen la rugosidad superficial de estos materiales, utilizando diferentes tipos de pulidos. De esta manera, será posible identificar el método más adecuado para reducir la rugosidad, lo que contribuirá a mejorar la durabilidad y prolongar la vida útil de estos materiales.

Conclusiones

- La rugosidad superficial de las resinas fotopolimerizables para impresora 3D fue baja antes y después del pulido, obteniendo valores menores o iguales a 0,2 µm.
- La rugosidad superficial de resinas a base de PMMA de termocurado antes del pulido tuvo valores muy elevados que superaban los 0,3 µm, siendo mayor a la rugosidad de las resinas de impresora 3D, pero después de realizar el proceso de pulido se pudo llegar a obtener valores menores de hasta 0,078 µm.
- La rugosidad superficial tras comparar los dos materiales luego del pulido no tuvo diferencia significativa dando valores similares o iguales a 0,2 µm.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios adicionales utilizando otros métodos de pulido para determinar cuál es el más adecuado para cada uno de los materiales de esta investigación.
- Se recomienda efectuar otras investigaciones donde se observe a qué valor de rugosidad se pueden presentar cambios de color significativos afectando así a la vida útil de estos materiales.
- Se recomienda realizar estudios donde se verifique si es importante o no someter a un proceso de pulido a las resinas fotopolimerizables para impresora 3D.

Contribución de los autores

Karen Mireya Taimal Valencia: Concepción y diseño del trabajo; recolección deinformación, redacción del manuscrito, revisión crítica delmanuscrito, aprobación de su versión final.

Pablo Ruben Garrido Villavicencio: revisión crítica del manuscrito, aprobación de su versiónfinal.

Bibliografía

1. López G. Rugosidad superficial de resinas Bulk Fill frente a la acción de dos tipos de enjuagues bucales". Estudio in vitro [Internet]. [Quito]: Universidad Central del Ecuador; 2019. Disponible en: https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/654e440e-f562-4bdc-96eb-a6334a240afd/content
2. Salgado H, Gomes A, Duarte A, Ferreira J, Fernandes C, Figueiral M, et al. Antimicrobial Activity of a 3D-Printed Polymethylmethacrylate Dental Resin Enhanced with Graphene. Biomedicines [Internet]. 10(2607). Disponible en: https://www.mdpi.com/2227-9059/10/10/2607
3. Roig M, Gagliani M. Introducción a la odontología digital. Grupo Asís Biomedia S.L.; 2021. 300 p.
4. Namano S, Kanazawa M, Katheng A, Trang BNH, Hada T, Komagamine Y, et al. Effect of support structures on the trueness and precision of 3D printing dentures: An in vitro study. J Prosthodont Res. 2024;68(1):114-21.

5. Díez-Pascual AM. PMMA-Based Nanocomposites for Odontology Applications: A State-of-the-Art. Int J Mol Sci. 7 de septiembre de 2022;23(18):10288.
6. Ertugrul M, Bakir S, Ozcan N. An evaluation of the effect on streptococcus mutans adhesion of surface roughness in different aesthetic restorative materials. Cumhuriyet Dental Journal. 27(4).
7. Karina Briseño Medrano. ANALISIS DEL USO ODONTOLÓGICO DEL PMMA COMBINADO CON GRAFENO PARA LA ELABORACIÓN DE PRÓTESIS TOTALES. [Internet]. [MÉXICO, Cd. Mx.]: Universidad Nacional Autónoma de México.; Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000839958/3/0839958.pdf
8. Chiayi Shen, H., Ralph Rawls, Josephine F., Esquivel-Upshaw. Phillips CIENCIAS de los MATERIALES DENTALES [Internet]. 13.a ed. Avda. Tarradellas, Barcelona España: ELSEVIER; Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=ktFvEAAAQBAJ&pg=PA236&dq=fase+arenosa+del+pmma+en+odontologia&hl=es&newbks=1&newbks_redir=1&sa=X&ved=2ahUKEwiDh-_Qt5qHAxWdTDABHRe4BvsQ6wF6BAgBEAE
9. José Luis Cova N. BIOMATERIALES DENTALES [Internet]. Primera. AMOLCA; Disponible en: https://uce-edu-my.sharepoint.com/personal/jdelvalle_uce_edu_ec/Documents/Libros/Libros%20Materiales%20Dentales/Biomateriales%20Dentales%20-%20Cova.pdf
10. DAIANE PEREIRA CAMACHO, TEREZINHA INEZ ESTIVALET SVIDZINSK, MÁRCIA CRISTINA FURLANETO, MURILO BAENA LOPES, GIOVANI DE OLIVEIRA CORRÊA. RESINAS ACRÍLICAS DE USO ODONTOLÓGICOÀ BASE DE POLIMETILMETACRILATO. BJSCR. 6(3):63-72.
11. HUGE DENTAL MATERIAL CO., LTD. Ficha de Datos de Seguridad [Internet]. Disponible en: https://d3tfk74ciyjzum.cloudfront.net/proclinic-es/annexes/h53545msds_es_.pdf
12. Federico Humberto Barceló Santana, Jorge Mario Palma Calero. MATERIALES DENTALES CONOCIMIENTOS BÁSICOS APLICADOS [Internet]. 3a ed. MÉXICO: TRILLAS; 227-230 p. Disponible en: https://es.scribd.com/document/358300515/Materiales-Dentales-Barcelo-PDF
13. Bertana V, De Pasquale G, Ferrero S, Scaltrito L, Catania F, Nicosia C, et al. 3D Printing with the Commercial UV-Curable Standard Blend Resin: Optimized Process Parameters towards the Fabrication of Tiny Functional Parts. Polymers. febrero de 2019;11(2):292.
14. Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of post-curing time on the color stability and related properties of a tooth-colored 3D-printed resin material. J Mech Behav Biomed Mater. 1 de febrero de 2022;126:104993.
15. Li P, Lambart AL, Stawarczyk B, Reymus M, Spintzyk S. Postpolymerization of a 3D-printed denture base polymer: Impact of post-curing methods on surface characteristics, flexural strength, and cytotoxicity. J Dent. diciembre de 2021;115:103856.
16. Bayarsaikhan E, Gu H, Hwangbo NK, Lim JH, Shim JS, Lee KW, et al. Influence of different postcuring parameters on mechanical properties and biocompatibility of 3D printed crown and bridge resin for temporary restorations. J Mech Behav Biomed Mater. abril de 2022;128:105127.
17. Chen H, Hou JP, Lee SY, Lin YM. Effects of postpolymerization time and temperature on the flexural properties and hardness profile of three-dimensional printed provisional resin. J Dent Sci. enero de 2024;19(1):455-60.
18. Billings C, Siddique R, Liu Y. Photocurable Polymer-Based 3D Printing: Advanced Flexible Strain Sensors for Human Kinematics Monitoring. Polymers (Basel). 20 de octubre de 2023;15(20):4170.
19. Singh R, Gupta A, Tripathi O, Srivastava S, Singh B, Awasthi A, et al. Powder bed fusion process in additive manufacturing: An overview. Materials Today: Proceedings. 2020;26:3058-70.
20. Ochoa JP. New Stetic S.A. 2024 [citado 12 de julio de 2024]. IMPRESIÓN 3D DENTAL: TRANSFORMANDO LA ODONTOLOGÍA MODERNA. Disponible en: https://www.newstetic.com/articulos/impresion-3d-dental-transformando-la-odontologia-moderna/
21. Pérez Sevilla M, Rivas Navazo F, Sánchez Ortega PL. Manual de Impresión 3D Resina. 2024 [citado 12 de julio de 2024]; Disponible en: https://riubu.ubu.es/handle/10259/9171
22. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. Scanning. 17 de julio de 2021;2021:9950131.
23. Kim GT, Go HB, Yu JH, Yang SY, Kim KM, Choi SH, et al. Cytotoxicity, Colour Stability and Dimensional Accuracy of 3D Printing Resin with Three Different Photoinitiators. Polymers. 2022;14(5):undefined-undefined.
24. Toaza Paucar, Adriana Elizabeth. "RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE RESINAS COMPUESTAS MEDIANTE SISTEMAS DE PULIDO" [Internet]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2023. Disponible en: http://

dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11178/1/Toaza%20Paucar%2C%20A%282023%29Rugosidad%20superficial%20de%20resinas%20compuestas%20mediante%20sistemas%20de%20Pulido%28Tesis%20de%20Pregrado%29%20Universidad%20Nacional%20de%20Chimborazo%2C%20Riobamba%2C%20Ecuador.pdf

25. Urresta García Diego Ricardo. Rugosidad superficial de ionómero de vidrio convencional adicionado con teobromina cristalina al 1%. Estudio in vitro. [Internet]. [Quito]: Universidad Central del Ecuador; 2020. Disponible en: https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/15650558-a96b-46ac-9744-e08e1a7f6570/content

26. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). J Prosthodont. abril de 2019;28(4):452-7.

27. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater. julio de 1997;13(4):258-69.

28. Aydın N, Topçu FT, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Erdemir U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. J Clin Exp Dent. mayo de 2021;13(5):e446-54.

29. Postiglione G. Smart Materials and Additive Manufacturing [Internet]. Department of Chemistry, Materials and Chemical Engineering "Giulio Natta"; 2017. Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/2017_03_PhD_Postiglione.pdf

30. Careño A, Torres M, Ramírez M, Núñez J. A comparative Study to Evaluate the Subtractive and Additive Process in Dentistry: A Systematic Review. Ingenierías USBmed [Internet]. 15(1). Disponible en: file:///C:/Users/home/Downloads/Dialnet-UnEstudioComparativoParaEvaluarElProcesoSustractiv-9574340.pdf

31. Quezada M, Gomes C, Martín J, Correia A, Fonseca P. Influence of different processing techniques for prosthetic acrylic resins in the surface roughness parameters: a research article. BMC Oral Health [Internet]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38816807/

32. Jung YH, Kong HJ, Kim YL. Effect of fabrication method and surface polishing on the surface roughness and microbial adhesion of provisional restoration. J Dent Rehabil Appl Sci. 40(3):149-58.

33. Vichi A, Mura G, Vannini F, Baldani S, Paolone G, Goracci C. Effects of Repolishing Systems on Surface Characteristics of a 3D-Printed Permanent Material. Appl Sci [Internet]. 15(171). Disponible en: https://www.mdpi.com/2076-3417/15/1/171

34. Unkovsky A, Fernandez P, Benkendorff V, Klink A, Spintzyk S. Surface Characteristics of Milled and 3D Printed Denture Base Materials Following Polishing and Coating: An In-Vitro Study. MDPI [Internet]. 13. Disponible en: file:///C:/Users/USER-PC/Downloads/materials-13-03305.pdf

35. Meneghello R, Di Fiore A, Brun P, Rosso S, Gattazzo A, Stellini E, et al. 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. 66(3):502-8.

Para referenciar aplique esta cita:
Taimal Valencia KM, Garrido Villavicencio PR. Resina fotopolimerizable para impresora 3D, resinas a base de PMMA de termocurado, cámara de post-polimerización, rugosidad superficial, pulido. REV-SEP [Internet]. 30 de enero de 2025; 26(1):4-18. Disponible en: https://rev-sep.ec/index.php/johs/article/view/321