




Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D

Effects of polymerization time of Bio Crown nano hybrid resin with 3D printing

- ¹ Angie Giovanna Carballo Aguilar  <https://orcid.org/0009-0009-5437-5880>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
angiecarballo12@hotmail.com
- ² Jefferson Omar Coyago Cholango  <https://orcid.org/0009-0002-7854-2005>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
jefferson.coyago@gmail.com
- ³ David Gerardo Carrillo Vaca  <https://orcid.org/0000-0002-4613-5264>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
david.carrillo@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 18/12/2024

Revisado: 16/01/2025

Aceptado: 28/02/2025

Publicado: 22/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3393>

Cítese: Carballo Aguilar, A. G., Coyago Cholango, J. O., & Carrillo Vaca, D. G. (2025). Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D. Anatomía Digital, 8(2), 48-68. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v8i2.3393>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Palabras claves:

rehabilitación bucal,
estética dental,
dureza,
polimerización,
propiedades físicas.

Resumen

Introducción. Los materiales resinosos impresos actualmente en Odontología están tomando mayor auge en el campo de la prostodoncia, estos contienen rellenos orgánicos e inorgánicos cerámicos nano y microhíbridos entre ellos zirconio silanizado; esto les permite tener un nivel de resistencia a la fractura y flexión bastante altos. Su elaboración es indirecta en una impresora 3D, previa elaboración de un diseño en exocad donde se puede planificar prótesis fijas plurales de hasta 3 unidades, carillas, incrustaciones de esta forma los composites 3D ofrezcan una alternativa eficiente y duradera para diversas aplicaciones en la odontología restauradora. **Objetivo.** Evaluar y comparar la rugosidad y dureza shore D de la resina 3D Prizma Bio-Crown en diferentes tiempos de polimerización. **Metodología.** Experimental in vitro, se realizaron 100 muestras de prueba de resina nano híbrida (Prizma bio crown). Las muestras fueron realizadas con impresión 3D (LCD) con dimensiones de 12 mm de alto por 6 mm de ancho, Cada bloque de muestra fue sometido a un protocolo de pulido que incluye el uso de discos de silicona, pelo de cabra y fieltro, acompañado de dos pastas de pulido: DURA Polishing y Superpolishing. El pulido se realizó durante 20 segundos en cada paso, utilizando un motor eléctrico a diferentes velocidades (10,000 rpm, 5,000 rpm y 4,000 rpm, respectivamente). **Resultados.** El estudio revela una variabilidad significativa en los niveles de rugosidad entre los diferentes grupos de muestras, indicando variaciones sustanciales en las condiciones de fabricación, acabado y pulido. Utilizando una escala de medición detallada, evaluamos la rugosidad promedio (Ra) en cuatro caras de las muestras para cada grupo, revelando patrones distintivos en función del tiempo de tratamiento y la técnica de acabado y pulido empleada. Estos resultados sugieren que la optimización de estos parámetros es crucial para obtener restauraciones con resina Prizma Bio Crown de alta calidad, con superficies lisas, estéticas y resistentes al desgaste. **Conclusión.** Los procesos de pre-impresión, post-impresión, tiempo de polimerización y protocolo de pulido fueron identificados como factores determinantes en las propiedades físicas del material, especialmente en su rugosidad y dureza

Shore D. Estos hallazgos proporcionan una guía para estandarizar estos parámetros y mejorar tanto la estética como la funcionalidad en el procesamiento de la resina Bio Crown impresa en 3D en el ámbito odontológico. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Rehabilitación Oral. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Mouth rehabilitation, esthetics, dental, hardness, polymerization, physical properties.

Abstract

Introduction. The resinous materials currently printed in Dentistry are becoming more popular in the field of prosthodontics, they contain organic and inorganic fillers nano and microhybrid ceramics including silanized zirconium; this allows them to have an elevated level of fracture and flexural resistance. Its elaboration is indirect in a 3D printer, after elaboration of an exocad design where plural fixed prostheses of up to 3 units, veneers, inlays can be planned. In this way, 3D composites offer an efficient and durable alternative for various applications in restorative dentistry. **Objective.** To evaluate and compare the roughness and shore D hardness of Prizma Bio-Crown 3D resin at different polymerization times. **Methodology.** Experimental in vitro, 100 evaluate samples of nano hybrid resin (Prizma bio crown) were performed. The samples were made with 3D printing (LCD) with dimensions of 12 mm high by 6 mm wide, each sample block was subjected to a polishing protocol that includes the use of silicone discs, goat hair and felt, accompanied by two polishing pastes: DURA Polishing and Superpolishing. Polishing was done for 20 seconds at each step, using an electric motor at different speeds (10,000 rpm, 5,000 rpm, and 4,000 rpm, respectively). **Results.** The study reveals a significant variability in roughness levels between the diverse groups of samples, indicating substantial variations in manufacturing, finishing and polishing conditions. Using a detailed measurement scale, we evaluated the average roughness (Ra) on four sides of the samples for each group, revealing distinctive patterns based on treatment time and the finishing and polishing technique employed. These results suggest that the optimization of these parameters is crucial to obtain restorations with high-quality Prizma Bio Crown resin, with smooth, aesthetic and wear-resistant surfaces. **Conclusion.** The processes of pre-printing, post-

printing, polymerization time and polishing protocol were identified as determining factors in the physical properties of the material, especially in its roughness and Shore D hardness. These findings provide a guide to standardize these parameters and improve both aesthetics and functionality in the processing of 3D printed Bio Crown resin in the dental field. **General area of study:** Dentistry. **Specific area of study:** Oral Rehabilitation. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

Los materiales resinosos impresos actualmente en Odontología están tomando mayor auge en el campo de la prostodoncia, estos contienen rellenos orgánicos e inorgánicos cerámicos nano y microhíbridos entre ellos zirconio silanizado; esto les permite tener un nivel de resistencia a la fractura y flexión bastante altos (1). Su elaboración es indirecta en una impresora 3D, previa elaboración de un diseño en exocad donde se puede planificar prótesis fijas plurales de hasta 3 unidades, carillas, incrustaciones de esta forma los composites 3D ofrezcan una alternativa eficiente y duradera para diversas aplicaciones en la odontología restauradora; por este motivo deben cumplir las normas ISO 4287 de rugosidad y 868 de dureza (2) (3).

Estas resinas, por sus características, son fáciles de pulir y matizar con cualquier kit de tinte, alcanzando así la integración estética y funcional necesarias en rehabilitación oral (4) (5), el mecanismo de pulido se logra mediante discos de silicona de diferente grosor, pastas de pulido con relleno de diamante, láminas de carburo de silicio de grano extra suave, discos de pelo de cabra, discos de fieltro, entre otros (6) (7). Un correcto pulido genera menor adhesión de microorganismos, mejor apariencia estética al alcanzar un brillo óptimo, mayor biocompatibilidad con tejidos bucales, minimizar el desgaste de la dentición antagonista, menor decoloración obteniendo una estabilidad de color y translucidez sin afectar la resistencia en fractura, flexión y dureza ya que se eliminan grietas superficiales que aumentan la fragilidad de los materiales de restauración, sin embargo los sistemas de acabado y pulido manuales puede generar ciertos errores como ondulaciones en su superficie o zonas de escaso pulido (8) (9). La garantía de los protocolos de impresión y pulido de materiales en 3D está actualmente probada y ofrece muchas ventajas sobre los procesos tradicionales o analógicos en términos de maniobra de materiales, pero con la aparición de nuevos materiales que utilizan la tecnología de aditivos 3D y la versatilidad de los materiales, se podría desconocer sus propiedades físicas (10) (11). Independientemente del desarrollo, los problemas clínicos de dureza y

rugosidad se producen de forma funcional; Vásquez-Niño (12) mencionó que dichas propiedades físicas como la dureza y rugosidad de la resina 3D, se van a ver alteradas no solo en su estructura y composición química sino que también tendrán influencia parámetros de pre impresión, post impresión, proceso de fotopolimerización y su proceso final de acabado y pulido, afectando sus propiedades y observando que al imprimir probetas en dirección vertical (capas perpendiculares a la dirección de la carga) se consiguió una alta dureza que las probetas impresas horizontalmente (capas paralelas a la dirección de la carga) (12) (13). No obstante, eso significaría aumentar área de contacto entre capas, lo que podría incrementar el grado de porosidad alterando la rugosidad de la impresión, estrés residual y distorsiones dimensionales por contracción de las piezas (14).

La investigación se lleva a cabo con el objetivo de evaluar y comparar la rugosidad y dureza shore D de la resina 3D Prizma Bio-Crown en diferentes tiempos de polimerización (15). Asimismo, busca describir las características físicas de la resina mediante la aplicación de un protocolo de pulido (16). Las pruebas in vitro realizadas permitirán correlacionar los efectos del protocolo de pulido y post procesado sobre los niveles de rugosidad y resistencia en la fabricación de prótesis (17) (18). Esta investigación tiene una relevancia científica notable debido a su análisis in vitro en un laboratorio, donde se evalúan los valores de dureza de los polímeros y la rugosidad de la resina biocompatible 3D. Además, presenta una importancia metodológica significativa, ya que hay una cantidad reducida de estudios sobre este tema en Ecuador (19), por lo tanto, la ejecución de esta investigación es de gran trascendencia para fortalecer las bases teóricas y prácticas de futuras investigaciones en este campo.

2. Metodología

Tipo de estudio y muestra: experimental in vitro, se realizaron 100 muestras de prueba de resina nano híbrida (Prizma bio crown). Las muestras fueron realizadas con impresión 3D (LCD) con dimensiones de 12 mm de alto por 6 mm de ancho, Cada bloque de muestra fue sometido a un protocolo de pulido que incluye el uso de discos de silicona, pelo de cabra y fieltro, acompañado de dos pastas de pulido: DURA Polishing y Superpolishing. El pulido se realizó durante 20 segundos en cada paso, utilizando un motor eléctrico a diferentes velocidades (10,000 rpm, 5,000 rpm y 4,000 rpm, respectivamente). Como se muestra en la **figura 1**.



Figura 1. Proceso de pulido del estudio in vitro

La muestra fue dividida en 5 grupos (A, B, C, D, E) de 20 cuerpos cada uno, polimerizados a 0, 5, 10, 15, 20 minutos correspondientemente, con un espesor de 0.04 mm entre capas a una velocidad de 6 segundos de exposición siguiendo las especificaciones del fabricante. Como se observa en la **figura 2**. Para medir la rugosidad superficial y dureza shore se utilizó un rugosímetro digital de marca (MITUTOYO) y durómetro (100H-D). Se realizaron dos ensayos uno de rugosidad y otro de dureza shore, el primero se realizó con 100 muestras, en sus cuatro caras, seleccionando los parámetros a medir, estableciendo una fuerza de medición estática del detector de 4 mN con un radio de la punta del detector de 5 µm, longitud de 8 mm y velocidad de medición de 0,5 mm/s obteniendo 400 resultados de todas las caras analizadas. El segundo ensayo se realizó con un durómetro (100H-D), en las 100 muestras, con una punción en una sola cara de cada bloque, obteniendo valores en shore D. Para la recolección de datos, se utilizará una tabla desarrollada por los investigadores, que detallará el grado de rugosidad y dureza que presenta la resina Bio Crown cuando se somete a diferentes intervalos de fotopolimerización. Este enfoque permitirá evaluar de manera precisa los efectos de la fotopolimerización y el pulido sobre las propiedades físicas de la resina Bio Crown.



Figura 2. Esquema descripción del estudio in vitro

2.1. Criterios de selección

Se plasma un conjunto de características, condiciones o requisitos que se utilizan para tomar decisiones sobre la inclusión o exclusión de elementos dentro de un proceso o grupo. En otras palabras, son los estándares que guían la elección del estudio in vitro presentado.

-Criterios de inclusión: Todos los bloques impresos en resina nano híbrida Prizma bio Crown que cumplan con las especificaciones y dimensiones establecidas en la metodología. - Bloque de resina nanohíbrido integrado y sin fisuras, fotopolimerizado en el tiempo especificado sin burbujas con el uso de la impresora 3D Creality de alta precisión, modelo HALOT-ONE PLUS, color azul, pantalla de 7,9 pulgadas, resolución 4K HD, tamaño de impresión 172 mm x 102mm x 160 mm, equipada con mesa de calibración, capacidad máxima 650 ml y de la máquina Creality Cure Mode modelo de curado inteligente UW-0, con botones táctiles, potencia nominal 60W, voltaje de entrada DC24V, tamaño de lavado 170x1204x160mm, incluyendo plataforma giratoria magnética de 360°, fuente de luz UV de doble frecuencia 405 385nm, plataforma magnética y de limpieza, equipado con fuentes de luz ultravioleta de doble frecuencia 405 385 nm (18 piezas), se pueden ajustar tres velocidades para limpieza y curado, y el tiempo de curado es de 2 a 90 minutos.

-Criterios de exclusión: Todos los bloques de resina Prizma bio Crown fracturadas, con burbujas o fisuras que alteren su integridad, con dimensiones inadecuadas. Los bloques impresos que presenten alteraciones en su composición serán reemplazados por nuevas unidades que cumplan las características de la norma ISO 4287 (rugosidad), 868 (dureza shore D).

2.2. Operacionalización de las variables

En el presente estudio in vitro, se establecen claramente las variables de análisis y sus métodos de medición para garantizar la precisión de los resultados. La variable independiente se manipulará conforme a las condiciones experimentales definidas, como se muestra en la **tabla 1**, mientras que la variable dependiente será evaluada en función de esta variación. Para ello, se emplearán técnicas de medición específicas que aseguren la fiabilidad y reproducibilidad del estudio, como se muestra en la **tabla 2**.

-Variable dependiente: propiedades del material, dureza, desgaste y abrasión

Tabla 1. Variable dependiente

Definición de la variable	Categoría	Indicador	Ítems	Instrumentos	Técnicas
En los polímeros específicamente, la dureza a la deformación depende de la carga constante sobre su superficie.	(Dureza)	Escala Dureza	Dureza de Shore D, (se establece en una escala de 0 a 100)	Durómetro	Fichas de registro, Ensayos
El desgaste es la fricción de una superficie, bajo una determinada carga. Estas irregularidades pueden tener diferentes tamaños y distribuciones, y pueden afectar las propiedades físicas de la resina.	(Rugosidad)	Índice desgaste	Valores de rugosidad media Ra (μm)	Rugosímetro	Hojas de calculo

La variable independiente se manipulará conforme a las condiciones experimentales previamente establecidas en el diseño del estudio. Estas condiciones han sido definidas con base en criterios específicos para garantizar la validez de los resultados. Como se muestra en la **tabla 1**.

Variable independiente: tipo de resina utilizada (Prizma bio Crown)

Tabla 2. Variable independiente

Definición de la variable	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
En la impresión 3D (LCD), el material transcendental utilizado es la resina nano híbrida. Dichos componentes pueden experimentar cambios en sus propiedades	100 muestras, (divididas en 5 grupos A, B, C, D, E)	Tiempo de curado	<p>0 min (20 muestras)</p> <p>Sin curado</p> <p>Grupo A</p> <p>5 min (20 muestras)</p> <p>Grupo B</p> <p>10 min (20 muestras)</p> <p>Medio</p> <p>Grupo C</p>	Fichas de registro, Impresora 3D LCD

Tabla 2. Variable independiente (continuación)

Definición de la variable	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
mecánicas con múltiples tiempos de curado.		Alto	15 min	—
			(20 muestras)	—
		Máximo	Grupo D	—
			20 min	—
			(20 muestras)	—
		GRUPO E		

La variable dependiente será evaluada en función de la variación de la variable independiente, permitiendo determinar su impacto y establecer posibles relaciones causales. Para ello, se emplearán técnicas de medición, seleccionadas en función de su adecuación al objeto de estudio. Estas técnicas garantizarán la fiabilidad de los resultados, minimizando posibles sesgos y errores experimentales. Como se muestra en la **tabla 2**.

2.3. Entorno y análisis estadístico

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y en la Universidad Técnica de Ambato (UTA). Los datos obtenidos de cada análisis se ingresaron en Microsoft Excel y luego se trasladaron al software estadístico SPSS. En este programa, se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión para generar una estadística descriptiva.

Se realizó una comparación de medias estadísticas de rugosidad y de dureza mediante la prueba ANOVA. La hipótesis nula (H_0) de que las medias de rugosidad y de dureza en los cinco grupos de tiempos de tratamiento (0, 5, 10, 15 y 20 minutos) son iguales, frente a la hipótesis alternativa (H_a) de que al menos una de las medias es diferente. Para la rugosidad se ha considerado el promedio de las 4 caras. Se utilizó un nivel de significación de 0.05 (5%). Para identificar qué grupos difieren entre sí se utilizó la prueba de Tukey.

3. Resultados

El estudio revela una variabilidad significativa en los niveles de rugosidad entre los diferentes grupos de muestras, indicando variaciones sustanciales en las condiciones de fabricación, acabado y pulido. Utilizando una escala de medición detallada, evaluamos la rugosidad promedio (R_a) en cuatro caras de las muestras para cada grupo, revelando patrones distintivos en función del tiempo de tratamiento y la técnica de acabado y pulido empleada. Estos resultados sugieren que la optimización de estos parámetros es crucial para obtener restauraciones con resina Prizma Bio Crown de alta calidad, con superficies lisas, estéticas y resistentes al desgaste.

Para el Grupo A, caracterizado por un tiempo de tratamiento de 0 minutos (sin poscurado), observamos una rugosidad promedio variada entre las diferentes caras de las muestras. Mientras que la Cara 1 exhibió la rugosidad más alta con 3.784 μm , la Cara 2 mostró la más baja con 0.592 μm . Como se muestra en la tabla 3. Esta heterogeneidad sugiere una rugosidad relativamente alta en comparación con otros grupos, destacando la influencia del poscurado en la suavidad de la superficie.

Los Grupos B (5 minutos de poscurado), C (10 minutos de poscurado) y D (15 minutos de poscurado) muestran una disminución en la rugosidad promedio en todas las caras en comparación con el Grupo A (sin poscurado). Como se observa en la tabla 3. Esto indica que la combinación de poscurado, acabado y pulido tiene un efecto positivo en la reducción de la rugosidad superficial. A medida que aumenta el tiempo de polimerización, se observa una disminución adicional en la rugosidad promedio.

En contraste, el Grupo E, sometido a 20 minutos de poscurado, exhibió la rugosidad promedio más baja en todas las caras, indicando una significativa reducción en la rugosidad superficial. Como se muestra en la tabla 3. Este hallazgo sugiere que un tratamiento más prolongado fue efectivo para lograr una superficie más suave y uniforme en las restauraciones dentales.

Es importante destacar que los valores extremadamente altos de rugosidad en el Grupo A, que no fue sometido a poscurado, resaltan la relevancia del proceso de post procesado, que incluye tanto el poscurado como el pulido, en la mejora de la calidad de la superficie. Por otro lado, los valores más bajos en los Grupos D y E sugieren la eficacia de métodos de fabricación o acabado que incluyen un proceso de pulido eficaz.

Estos resultados proporcionan nuevas perspectivas sobre la influencia del tiempo de poscurado y el protocolo de pulido y acabado, en la rugosidad superficial de las restauraciones dentales, ofreciendo información valiosa para la optimización de los procesos de fabricación y acabado en odontología restaurativa.

En consecuencia, la distribución de la dureza Shore D evidenciada nos permite comprender cómo diferentes condiciones de procesamiento afectan las propiedades finales del material.

La dureza Shore D de la resina Prisma Bio Crown está directamente influenciada por el tiempo de polimerización. Inicialmente, sin ningún tiempo de poscurado, el material muestra una dureza de 92.88 en el Grupo A, lo que representa su estado natural. Sin embargo, a medida que se incrementa el tiempo de polimerización, se observa un aumento gradual en la dureza. Como se muestra en la **tabla 4**.

El Grupo B, con 5 minutos de poscurado, exhibe una ligera disminución en la dureza (89.6), lo que sugiere que este tiempo no es suficiente para alcanzar la máxima dureza del

material. Por otro lado, el Grupo C, con 10 minutos de poscurado, muestra un incremento en la dureza (92.22), indicando que un tiempo más prolongado mejora la dureza. Como se observa en la **tabla 4**.

Este patrón continúa con el Grupo D (15 minutos de poscurado), donde se registra un leve aumento en la dureza (92.6), y alcanza su punto máximo en el Grupo E (20 minutos de poscurado), con una dureza de 93.9. Como se muestra en la **tabla 4**. Es importante destacar que estos resultados se obtuvieron tras aplicar un protocolo de pulido estandarizado a todos los grupos, mostrándonos una variabilidad en la dureza shore D a medida que se eleva el tiempo de polimerización, de igual forma la distribución de la dureza nos permite comprender como diferentes condiciones de procesamiento afectan las propiedades finales del material. En conjunto, estos resultados destacan la importancia de un tiempo adecuado de polimerización y un proceso de pulido uniforme para obtener la máxima dureza y calidad del material.

3.3. Análisis estadístico

Proceso de recolectar, organizar, interpretar y analizar datos numéricos o cualitativos con el objetivo de obtener conclusiones y tomar decisiones basadas en esos datos. A través de diversas técnicas estadísticas, se busca entender patrones, relaciones, tendencias y hacer predicciones, siempre basándose en datos empíricos para dicho estudio in vitro.

3.4. Rugosidad

El valor p (Prob > F) obtenido es 0.000 que es menor a 0.05. Este valor p indica que no todas las medias son iguales. La prueba de Tukey permite identificar que el GRUPO A-0 MINUTOS es de mayor diferencia con los demás, además los grupos GRUPO E-20 MINUTOS, GRUPO C-15 MINUTOS y GRUPO C-10 MINUTOS son homogéneos estadísticamente.

La desviación estándar refleja la variabilidad en los datos de rugosidad de cada grupo, y nos ayuda a entender cuánto se desvían los valores individuales respecto a la media de cada grupo de polimerización.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para Rugosidad

Grupo/Tiempo	Promedio		Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
	Total 4 Caras	N					
GRUPO A 0 MINUTOS	297.925	20	1,9418	4,473	3,0416	0,60841	0,37
GRUPO B 5 MINUTOS	23.455	20	1,4305	3,4073	2,3456	0,72081	0,52
GRUPO C 10 MINUTOS	118.825	20	0,7205	1,7218	1,188337	0,29879	0,089

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para Rugosidad

Grupo/Tiempo	Promedio		N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
	Total 4 Caras (um)							
GRUPO D 15 MINUTOS	0.898		20	0,47975	1,6403	0,898	0,39372	0,155
GRUPO E 20 MINUTOS	0.8005		20	0,54125	0,94775	0,80025	0,08932	0,008

Por lo tanto, se puede concluir que a medida que aumentan los minutos de polimerización, la desviación estándar tiende a disminuir, especialmente después de los 10 minutos, lo que indica una reducción en la variabilidad de la rugosidad. Esto sugiere que tiempos de polimerización más largos contribuyen a una mayor homogeneidad en la superficie de la resina Prisma Bio Crown. En particular 20 minutos parecen proporcionar la mayor estabilidad en términos de rugosidad, lo cual es deseable en aplicaciones donde se requiera una superficie uniforme y consistente. Este patrón sugiere que, para obtener una superficie óptima, el tiempo de polimerización debería ser de al menos 20 minutos para minimizar la variabilidad en la rugosidad. Como se muestra en la **tabla 3**.

3.5. Dureza

El valor p (Prob > F) obtenido es 0.000 que es menor a 0.05. Este valor p indica que no todas las medias son iguales. La prueba de Tukey permite identificar que el GRUPO A-20 MINUTOS es el que presenta mayor diferencia con los demás, además de que el GRUPO C-10 MINUTOS, GRUPO C-10 MINUTOS Y GRUPO A-0 MINUTOS es un grupo homogéneo.

La prueba estadística tanto de rugosidad como de dureza indica que existen diferencias significativas entre los tiempos de tratamiento de las muestras por lo que en ambos casos se aceptaría el postulado que existe efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D.

En resumen, el estudio demuestra que un aumento gradual en el tiempo de polimerización conduce a una mejora en la dureza Shore D y una reducción en la rugosidad superficial de la resina Prisma Bio Crown, subrayando la relevancia crítica de este parámetro en la calidad del material. Con relación al tiempo de curado y el protocolo de acabado y pulido aplicado.

En la **tabla 4** de resultados para la Dureza Shore D, la desviación estándar en cada grupo de polimerización nos ayuda a entender la variabilidad en la dureza de la resina bajo diferentes tiempos de polimerización

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de dureza

Grupo/Tiempo	Promedio (SHORE)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
GRUPO A 0 MINUTOS	92.88	20	91,5	95	92,875	1,1571	1,339
GRUPO B 5 MINUTOS	89.6	20	87,5	91,5	89,6	1,1192	1,253
GRUPO C 10 MINUTOS	92.22	20	90,5	94,5	92,225	1,0321	1,065
GRUPO C 15 MINUTOS	92.6	20	91	94	92,6	0,91191	0,832
GRUPO E 20 MINUTOS	93.9	20	93	95	93,9	0,5758	0,332

Por lo tanto, se puede concluir que, al igual que en los resultados de rugosidad, se observa que la desviación estándar disminuye progresivamente con el aumento del tiempo de polimerización. Este patrón sugiere que tiempos de polimerización más largos no solo reducen la variabilidad en la rugosidad, sino también en la dureza Shore D de la resina. Los resultados indican que, para obtener una dureza uniforme y óptima, 20 minutos de polimerización serían ideales, ya que ofrecen la menor variabilidad, sugiriendo un endurecimiento completo y estable de la resina. Como se muestra en la **tabla 4**. Entonces, este análisis apoya la conclusión de que aumentar el tiempo de polimerización mejora la consistencia de la dureza Shore D, proporcionando una mayor estabilidad y uniformidad en la estructura de la resina Prisma Bio Crown.

4. Discusión

El presente estudio reveló que la dureza Shore D de la resina Prisma Bio Crown puede ser significativamente influenciada por el tiempo de curado. Este hallazgo se alinea con la investigación de Castellanos et al. (20) quien subrayó el impacto del proceso de post producción en la optimización de las propiedades mecánicas de los materiales impresos en 3D. Este resultado sugiere que el tiempo de curado juega un papel crucial en la determinación de la dureza Shore D de la resina Bio Crown, lo que tiene implicaciones importantes tanto para la calidad, así como para la durabilidad de las restauraciones dentales fabricadas con este material. Además, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar cuidadosamente los procedimientos de post producción, como el tiempo de curado y protocolo de acabado y pulido, para garantizar propiedades mecánicas óptimas en las restauraciones fabricadas con resinas 3D (20) (21) (22).

Asimismo, los análisis de rugosidad realizados revelan una mejora significativa en la rugosidad superficial de la resina con la aplicación de un protocolo de pulido estandarizado (23). Esta observación es coherente con lo que se ha reportado en estudios

previos como el de Jaramillo-Cartagena et al. (21) donde se enfatiza la contribución de los procesos de acabado en la calidad final de las impresiones 3D tanto en dureza shore D, como en la rugosidad superficial. Estos resultados respaldan la importancia de implementar protocolos de manipulación de post impresión. Un correcto protocolo de pulido puede no solo mejorar la estética de las restauraciones dentales, sino también contribuir a su durabilidad y resistencia. Por lo tanto, los hallazgos presentes tienen implicaciones significativas para la práctica clínica en odontología restaurativa, destacando la necesidad de prestar atención a los procesos de acabado y pulido como parte integral del proceso de fabricación de restauraciones dentales con resinas 3D y mejorar su dureza superficial (22) (23) (24).

Los hallazgos se respaldan por investigaciones previas como Park et al. (22) que subrayan la importancia de la influencia del pulido en la dureza de una resina dental, destacando que, aunque las tiras celuloide pueden ofrecer una superficie más lisa, la composición de la capa superficial, predominantemente matriz orgánica, la hace menos densa que la capa subyacente (25).

El proceso de pulido puede impactar la resistencia del material a la deformación. Es esencial considerar el tiempo transcurrido entre la polimerización y el pulido, ya que una polimerización incompleta puede dejar al compuesto más susceptible a los efectos del calor, a pesar de que se estima que el 75% de la polimerización ocurre en los primeros 10 minutos, es crucial reconocer que este proceso de curado continúa durante un período prolongado (26) (27) (28). Además, que a medida que transcurre el tiempo, la fase de matriz superficial madura y se endurece, lo que se traduce en valores de dureza superiores. Este proceso se ve favorecido por la reducción de la matriz durante las etapas de acabado y pulido, lo que contribuye a una mejora significativa en la dureza del material (29).

La investigación realizada por Schweiger et al. (30) destaca factores influyentes en los procesos de fabricación de resinas dentales mediante impresión 3D. En primer lugar, el factor de preimpresión, mismo que es mencionado como un aspecto crucial pues puede afectar las propiedades mecánicas de la resina impresa a largo plazo. Se observa que el deterioro de las propiedades mecánicas por los cambios en los tiempos de polimerización puede disminuir la dureza y aumentar la rugosidad de las resinas impresas en 3D. Esto resalta la importancia de controlar y minimizar los efectos de los cambios del factor de post impresión, específicamente el tiempo de fotopolimerización y su temperatura (30). Un tiempo de fotopolimerización ideal va de 10 a 20 minutos, junto con una temperatura más elevada, ya que pueden mejorar las propiedades mecánicas de la impresión. Los resultados obtenidos revelaron que un tiempo de fotopolimerización de 20 minutos produjo la dureza Shore D más alta registrada, esto indica una mejora significativa en las propiedades mecánicas del material como mayor resistencia a la deformación y una mejor capacidad para soportar cargas masticatorias.

Finalmente, Soto-Montero et al. (28) nos mencionan el caso de muchas resinas dentales fotopolimerizables utilizadas en la impresión 3D, las cuales el tiempo de poscurado suele oscilar entre 5 y 20 minutos. Este período de tiempo es necesario para asegurar que la resina esté completamente curada y alcance sus propiedades mecánicas óptimas, incluida la dureza y lisura superficial. Este paso es crucial para mejorar las propiedades físicas del material. Un poscurado adecuado no solo contribuye a la eliminación del exceso de monómero no polimerizado, sino que también puede fortalecer la resistencia y la dureza del material, reduciendo así el riesgo de efectos adversos como la degradación o el desgaste prematuro. Sin embargo, se sugiere seguir las recomendaciones específicas del fabricante en cuanto al tiempo y las condiciones de poscurado para garantizar la calidad y estabilidad de las piezas impresas. Esto puede implicar ajustes en la intensidad y la duración de la exposición a la luz.

5. Conclusiones

- La resina Bio Crown exhibe propiedades físicas adecuadas para su aplicación en odontología, destacándose por su consistencia en la dureza Shore D a lo largo de distintos grupos de probetas. Esta uniformidad sugiere una alta calidad del material y una precisión en su proceso de fabricación.
- El proceso de pulido demostró tener un impacto positivo en la reducción de la rugosidad superficial de la resina Bio Crown, lo que mejora su aspecto estético y potencialmente su biocompatibilidad al minimizar la acumulación de placa. Además, se observó un aumento en la dureza en comparación con las probetas no sometidas a un proceso de poscurado.
- Los procesos de pre impresión, post impresión, tiempo de polimerización y protocolo de pulido fueron identificados como factores determinantes en las propiedades físicas del material, especialmente en su rugosidad y dureza Shore D. Estos hallazgos proporcionan una guía para estandarizar estos parámetros y mejorar tanto la estética como la funcionalidad en el procesamiento de la resina Bio Crown impresa en 3D en el ámbito odontológico.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Angie Giovanna Carballo Aguilar¹ diseño y ejecución de la investigación, recolección de datos, ejecución de pruebas de laboratorio, análisis de resultados, revisión crítica de su contenido, así como en la redacción.

Jefferson Omar Coyago Cholango² diseño y ejecución de la investigación, recolección de datos, ejecución de pruebas de laboratorio, análisis de resultados, revisión crítica de su contenido, así como en la redacción.

David Gerardo Carrillo Vaca³ diseño de la investigación, revisión crítica de su contenido, aprobación del informe final.

Agradecimientos: P.D. Giovanni D. Carballo por su colaboración en la elaboración de los diseños de las muestras y el uso de sus impresoras 3D permitiendo la ejecución de la investigación.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

1. Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 34(2):192–200. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>
2. Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Al Wadei MHD, Gupta SG, et al. Physical and mechanical properties of 3d-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to CAD/CAM milled and conventional provisional resins: a systematic review and meta-analysis. *Polymers (Basel)* [Internet]. 2022. [citado 15 enero 2025]; 14(13):2691. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/13/2691/htm>
3. Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D printing of resin material for denture artificial teeth: chipping and indirect tensile fracture resistance. *Materials (Basel)* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 11(10):1798 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30248955/>
4. Tsolakis IA, Papaioannou W, Papadopoulou E, Dalampira M, Tsolakis AI. Comparison in terms of accuracy between dlp and lcd printing technology for dental model printing. *Dentistry Journal* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 10(10):181. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-6767/10/10/181/htm>

5. Park JM, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. Materials wear resistance of 3D printing resin material opposing zirconia and metal antagonists. *Materials (Basel)* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025];11(6):1043. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29925763/>
6. Borrello J, Nasser P, Iatridis JC, Costa KD. 3D printing a mechanically-tunable acrylate resin on a commercial DLP-SLA printer. *Additive Manufacturing* [Internet]. 2018 [citado 15 enero 2025]; 23:374-380. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.addma.2018.08.019>
7. Pongwisuthiruchte A, Dubas ST, Aumnate C, Potiyaraj P. Mechanically tunable resins based on acrylate-based resin for digital light processing (DLP) 3D printing. *Scientific Reports* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 12(1):1-10. Disponible en:
<https://www.nature.com/articles/s41598-022-24667-8>
8. Alshaikh AA, Khattar A, Almindil IA, Alsaif MH, Akhtar S, Khan SQ, et al. 3D-printed nanocomposite denture-base resins: effect of zro2 nanoparticles on the mechanical and surface properties in vitro. *Nanomaterials (Basel)* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 12(14):2451 Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35889675/>
9. Jin G, Gu H, Jang M, Bayarsaikhan E, Lim JH, Shim JS, et al. Influence of postwashing process on the elution of residual monomers, degree of conversion, and mechanical properties of a 3D printed crown and bridge materials. *Dental Materials* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 38(11):1812-1825. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.09.017>
10. Alsandi Q, Ikeda M, Nikaido T, Tsuchida Y, Sadr A, Yui N, et al. Evaluation of mechanical properties of new elastomer material applicable for dental 3D printer *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* [Internet]. 2019 [citado 15 enero 2025]; 100:103390. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103390>
11. Myagmar G, Lee JH, Ahn JS, Yeo ISL, Yoon HI, Han JS. Wear of 3D printed, and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. *The Journal of Advance Prosthodontics* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025];13(3):144-151. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.4047/jap.2021.13.3.144>

12. Vásquez-Niño AF, Ochoa-Alzate JR, Osorio-Amariles D, Rodríguez-Quirós HA. Polímeros para fabricación análoga y digital de bases de dentadura: un estudio comparativo de la resistencia flexional, módulo elástico y resistencia a la compresión de sus propiedades mecánicas. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 33(1): 6-16. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2021000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=en
13. Morón-Conejo B, López-Vilagran J, Cáceres D, Berrendero S, Pradíes G. Accuracy of five different 3D printing workflows for dental models comparing industrial and dental desktop printers. Clinical Oral Investigations [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]; 27: 2521-2532. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04809-y>
14. Wada J, Wada K, Gibreel M, Wakabayashi N, Iwamoto T, Vallittu PK, et al. Effect of 3D printer type and use of protection gas during post-curing on some physical properties of soft occlusal splint material. Polymers [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 14(21):4618. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/21/4618/htm>
15. 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. Journal of clinical and experimental dentistry [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 13(5), e446–e454 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4317/jced.58011>
16. Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. Dental Materials [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 37(2): 336–350. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.030>
17. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. Journal of Prosthodontic Research [Internet]. 2013 [citado 15 enero 2025]; 57(4):236-261. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2013.09.001>
18. Jurado CA, Tsujimoto A, Watanabe H, Fischer NG, Hasslen JA, Tomeh H, et al. Evaluation of polishing systems for CAD/CAM polymer-infiltrated ceramic-network restorations. Operative Dentistry [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 46(2): 219-225. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/352870407> Evaluation of Polishing Systems for CAD/CAM Polymer-Infiltrated Ceramic-Network Restorations

19. Castellanos Andrés D, Prieto Serrano J. Factores que afectan a la precisión de los modelos impresos 3D para la fabricación de alineadores: revisión. Ortodoncia española: Boletín de la Sociedad Española de Ortodoncia [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 60(3): 109-119. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9121143&info=resumen&idioma=SPA>

20. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. BMC Oral Health [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 20(1):1-9. Disponible en:

<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-020-01328-8>

21. Jaramillo-Cartagena R, López-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suárez AA. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. Dentistry Journal (Basel) [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 9(8):95. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.3390/dj9080095>

22. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. Materials [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 13(18):3970 Disponible en:

<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/18/3970/htm>

23. Chávez Sánchez E, Jiménez Mendoza W, Valderrama KM, Carrión CS. Resistencia a la tracción diametral in vitro de cinco cementos dentales usados como cementantes de puentes y coronas en prótesis fijas. Revista Estomatológica Herediana [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 30(2): 94-107. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552020000200094&lng=es&nrm=iso&tlng=es

24. Hong G, Yang J, Jin X, Wu T, Dai S, Xie H, et al. Mechanical properties of nanohybrid resin composites containing various mass fractions of modified zirconia particles. International Journal of Nanomedicine [Internet]. 2020 [citado 15 enero 2025]; 15:9891-9907 Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.2147/IJN.S283742>

25. Gad MM, Fouda SM. Factors affecting flexural strength of 3D-printed resins: a systematic review. *Journal of Prosthodontics* [Internet]. 2023 [citado 15 enero 2025]; 32(S1): 96–110. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jopr.13640>
26. Zhang L, Yu P, Wang XY. Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 16(4):1198-1203 Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.003>
27. Son K, Lee J-H, Lee K-B. Comparison of intaglio surface trueness of interim dental crowns fabricated with SLA 3D printing, DLP 3D printing, and milling technologies. *Healthcare* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 9(8):983. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/8/983/htm>
28. Soto-Montero J, de Castro EF, Romano B de C, Nima G, Shimokawa CAK, Giannini M. Color alterations, flexural strength, and microhardness of 3D printed resins for fixed provisional restoration using different post-curing times. *Dental Materials* [Internet]. 2022 [citado 15 enero 2025]; 38(8):1271–82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2022.06.023>
29. Goiato M, Dos Santos M, Antenucci F, Mary R, Prado Ribeiro P. Influencia del tiempo de almacenamiento sobre la dureza y rugosidad de materiales para rebasados resilientes. *RCOE* [Internet]. 2007 [citado 15 enero 2025]; 12(1–2): 67-72. Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2007000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
30. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D Printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2021 [citado 15 enero 2025]; 10(9):2010 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm10092010>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services