



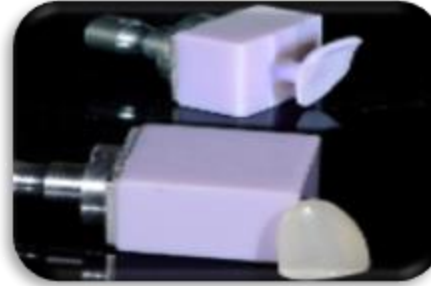
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE POSCURADO SOBRE LA DUREZA DE RESINAS DENTALES IMPRESAS EN 3D PARA USO DEFINITIVO.

ESTUDIANTES

Valentina Castañeda Portillo
Santiago Galvis

ASESOR CIENTÍFICO: Dr. Pablo Villamil
ASESOR METODOLÓGICO: Dr. Camilo Romo Pérez
ASESOR ESTADÍSTICO: Dr. Camilo Romo Pérez

INTRODUCCIÓN



Impresión 3D

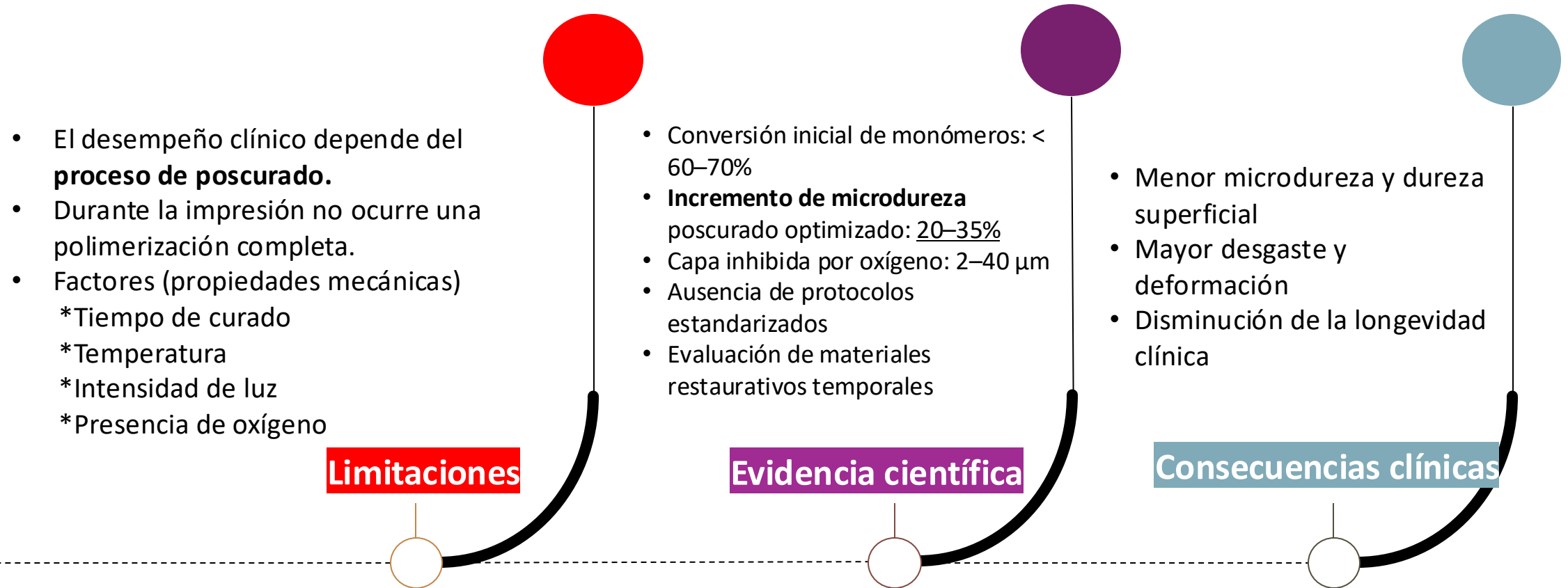
- Ha transformado la odontología, permitiendo fabricar restauraciones definitivas

Propiedades mecánicas y clínicas

- Depende del **proceso de poscurado**
- Impresión inicial no logra una conversión completa de monómeros.



- Flottes Y, Smail Y, Palomino-Durand C, Attal JP, Cénos R, François P, et al. Properties of 3D printed resins for definitive dental restorations: A systematic review. J Prosthet Dent. 2026;135(4):e6-27.
- Lozada MIT, Rondón AKA, Cordeiro IB, Borella PS, Junqueira PC, Mendonça G, et al. Physicomechanical properties of 3D printed resins for producing definitive dental crowns. J Prosthet Dent. 2025;S0022-3913(25)00611-0.
- Li P, Lambart AL, Stawarczyk B, Reymis M, Spitzky S. The polymerization of a 3D-printed denture base polymer: Impact of post-curing methods on surface characteristics, flexural strength, and cytotoxicity. J Dent. 2021;115:103856.
- Kim D, Shim JS, Lee D, Shin SH, Nam NE, Park KH, et al. Effects of Post-Curing Time on the Mechanical and Color Properties of Three-Dimensional Printed Crown and Bridge Materials. Polymers. 2020;12(11):2762.



- Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. Dent Mater. 2016;32(1):54-64
- Kang MJ, Lim JH, Lee CG, Kim JE. Effects of Post-Curing Light Intensity on the Mechanical Properties and Three-Dimensional Printing Accuracy of Interim Dental Material. Materials (Basel). 2022;15(19):6889
- Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. Dent Mater. 2018;34(2):192-200.

¿Cuál es el efecto de diferentes protocolos de poscurado sobre la microdureza y dureza superficial de resinas definitivas impresas en 3D?



Relevancia clínica

Las restauraciones impresas en 3D se usan cada vez más su desempeño depende de propiedades mecánicas



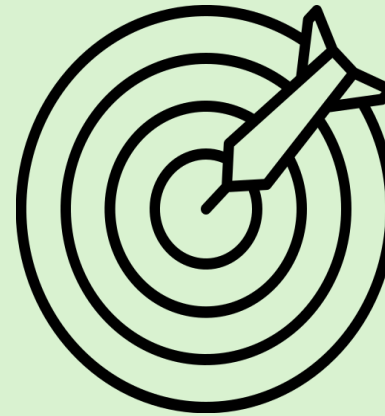
Optimización Fabricación

Existe variabilidad en protocolos de postcurado. No hay suficiente evidencia comparativa.



Evaluación Propiedades

Ayudar a seleccionar protocolos de postcurado más eficientes. Mejorar la durabilidad de restauraciones.



Información Obtenida

Base futuras investigaciones y fortalecimiento odontología digital basada en evidencia.



shutterstock.com - 3741811637

- Costa L, Zamalloa S, Alves F, et al. 3D printers in dentistry: a review of additive manufacturing techniques and materials. Clin Lab Res Den. 2021;1–10.
- Luo H, Zhang T, Nie J. Advances in photopolymerizable materials for 3D printing in dentistry. Prog Mater Sci. 2022;127(3):100–23.
- Souza ALC, Cruvinel Filho JLO, da Rocha SS. Flexural strength and Vickers hardness of milled and 3D-printed resins for provisional dental restorations. Braz J Oral Sci. 2023;22.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

IMPRESIÓN 3D

- Fabricación aditiva
- Creación de objetos tridimensionales a partir de modelos digitales, generando formas y geometrías complejas

Tipos de tecnología

Estereolitografía (SLA): Luz ultravioleta

Procesamiento digital de luz (DLP): Proyector digital

Pantalla de cristal líquido (LCD): pantalla LCD y luz ultravioleta

Material : Resina fotopolimerizable



Charles Hull 1986

Pasos

1. Adquisición de un modelo digital

- Escaneo intraoral o extraoral, imágenes tomográficas



2. Creación diseño virtual

- Diseño restauración o aparatología
- Software diseño asistido por computadora (CAD).



3. Conversión del formato

- Conversión diseño a formato STL (Standard Tessellation Language)



4. Segmentación

- Convierte el archivo STL en instrucciones para la impresora, capa por capa.



5. Impresión 3D y pos-procesamiento

- Impresión objeto
- Limpieza
- **Curado**
- Acabado

Poscurado

Proceso que emplea luz ultravioleta y calor en varios pasos para completar la polimerización de resinas dentales impresas en 3D.

Métodos :

- Exposición a luz ultravioleta en una cámara UV
- Tratamiento térmico
- Procesamiento por microondas.

Parámetros :

- Temperatura
- Duración
- Longitud de onda
- **Condiciones (ambiente)**

Dureza

Resistencia de un material a la penetración superficial, indentación, rayado o abrasión.

Dureza superficial

- Resistencia relativa del material a la indentación superficial permanente, al rayado o a la deformación plástica localizada
- Medición: Dureza Shore (utilizando las escalas Shore A o **Shore D**)

Microdureza

- Evalúa la dureza a nivel microscópico en puntos muy específicos y pequeños
- Mide la resistencia de un material a la penetración en una zona minúscula
- Medición : **Vickers** o Knoop

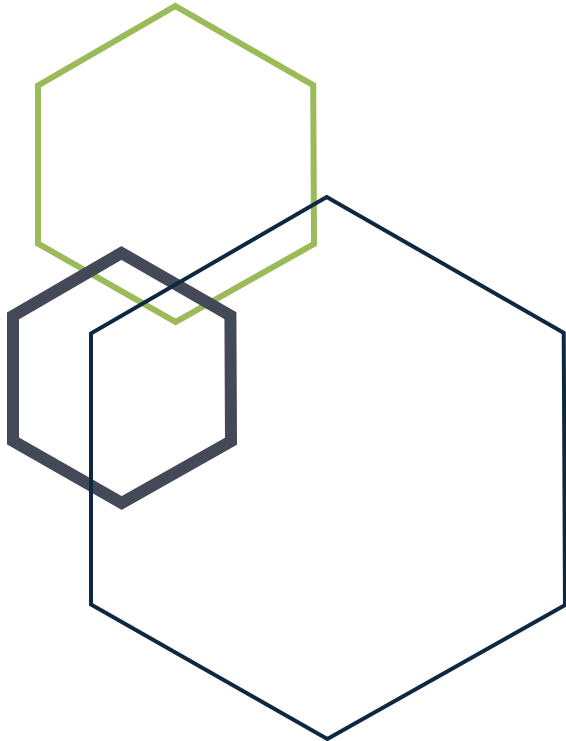
OBJETIVOS

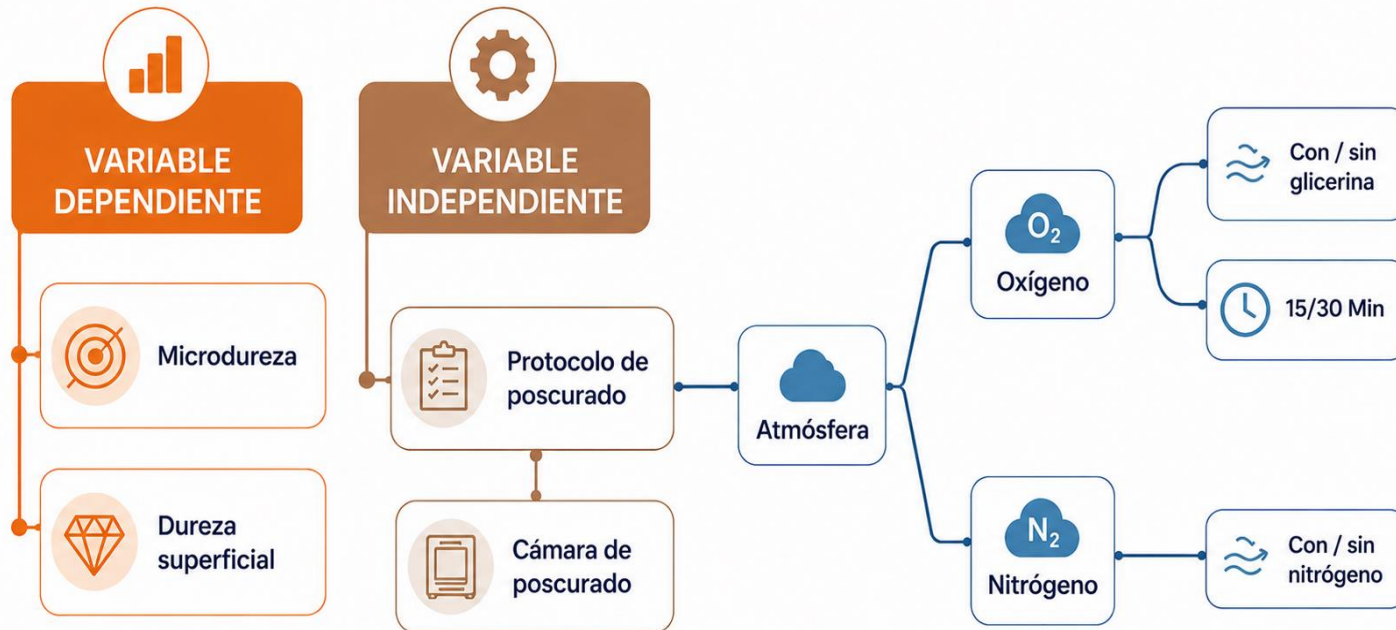
General

Evaluar el efecto de diferentes protocolos de poscurado sobre la microdureza y la dureza superficial de resinas dentales impresas en 3D para uso definitivo.

Específicos

1. Evaluar la microdureza y la dureza superficial de las resinas dentales impresas en 3D sometidas a diferentes condiciones de poscurado.
2. Comparar los valores de microdureza y dureza superficial entre los grupos sometidos a poscurado
3. Comparar los valores de microdureza y dureza superficial entre los diferentes grupos experimentales según las condiciones de poscurado.
4. Analizar la influencia de las condiciones de poscurado sobre la microdureza y la dureza superficial de las resinas dentales impresas en 3D.





MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS



Inclusión



Discos obtenidos mediante impresión 3D bajo parámetros estandarizados de fabricación.



Especímenes con dimensiones homogéneas y sin deformaciones visibles.



Superficies íntegras, libres de porosidades, burbujas o defectos estructurales.



Muestras sometidas a los protocolos de poscurado definidos para cada grupo experimental.



Exclusión



Discos con defectos de impresión, fracturas o irregularidades superficiales evidentes.



Muestras contaminadas durante el proceso de fabricación, manipulación o almacenamiento.



Especímenes que no cumplieron con los parámetros establecidos de poscurado.



Discos con alteraciones dimensionales o desgaste previo a la medición.

MATERIALES Y MÉTODOS

01

- Preparación de la muestra

02

- Agrupación de la muestra

03

- Evaluación dureza

04

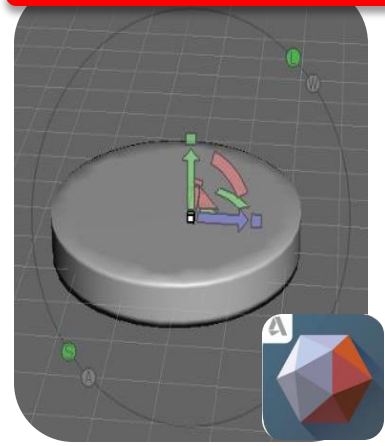
- Análisis estadístico

Fases

01

Preparación de la muestra

Muestra total : 60 Discos



Diseño discos

2mm x 10 mm

Software Autodesk Meshmixer
(Autodesk Inc., San Rafael, CA,
EE. UU.)



Vertimiento

Resina fotopolimerizable
Prizma 3D Bio Crown Diamond
(MakertechLabs, Tatuí, SP, Brasil)



Impresora

AccuFab-L4K
(SHINING 3D Technology Inc.,
Hangzhou, China)



Discos impresos



Inmersión Discos

Alcohol isopropílico



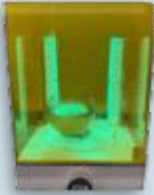
Calibración Discos



Pulimiento Discos - Muestra final

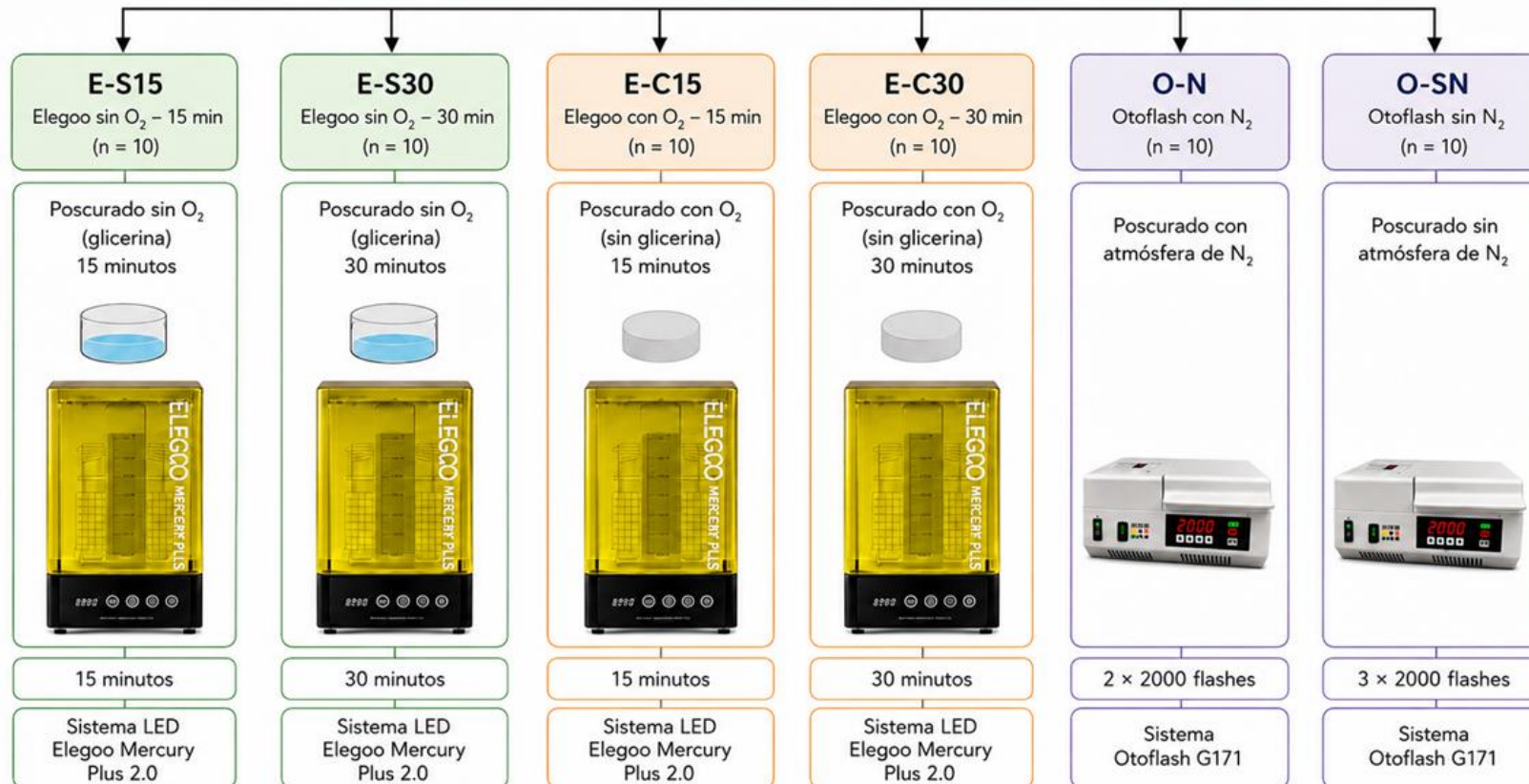
MATERIALES Y MÉTODOS

01 Preparación de la muestra

Material /Equipo		Tipo	Fabricante
Prizma 3D Bio Crown Diamond		Resina fotopolimerizable para restauraciones definitivas impresas en 3D	Makertechlabs, Tatuí, SP, Brasil
AccuFab-L4K		Impresora 3D PLP	SHINING 3D , Hangzhou, China
Elegoo Mercury Plus V3.0		Cámara de poscurado LED UV	Elegoo Inc., Shenzhen, Guangdong, China
Otoflash G171		Cámara de poscurado por xenón con atmósfera opcional de nitrógeno	NK Optik, Baierbrunn, Alemania

02 Agrupación de la muestra

DISTRIBUCIÓN DE LOS 60 DISCOS EN 6 GRUPOS EXPERIMENTALES (n = 10 por grupo)



SIGNIFICADO DE LAS SIGLAS

- E:** Sistema de poscurado Elegoo
- O:** Sistema de poscurado Otoflash
- S:** Sin glicerina
- C:** Con glicerina
- N:** Con nitrógeno
- SN:** Sin nitrógeno
- 15:** Poscurado durante 15 minutos
- 30:** Poscurado durante 30 minutos

Grupos sistema poscurado
LED tipo Elegoo Mercury Plus
2.0
(Elegoo Inc., Shenzhen, China)

Grupos poscurado
Otoflash G171
(NK Optik, Baierbrunn,
Alemania)

03

Evaluación dureza



Microdureza

Microdurómetro Shimadzu HMV-Carga
de 500 g x 10 s.
(Shimadzu Corporation, Tokio, Japón)



Dureza Superficial

Ensayo Shore D- Indentación 10 s
Durómetro digital Shore D Modelo 560-10D
(Gain Express Holdings Ltd., Hong Kong, China).

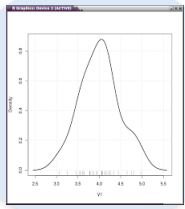


Registro Datos

Microsoft Excel 2016
(Microsoft Corp., Redmond, WA, EE. UU).

04

Análisis estadístico



Normalidad

- Shapiro–Wilk: distribución normal ($p > 0,05$)
- Homogeneidad de varianzas (P.Levene) heterogeneidad ($p < 0,001$)..



Resultados

Nivel de significancia
 $p < 0,05$
Estadística
descriptiva (Media,
DE
IC 95%).



Valores dureza

Prueba ANOVA de Welch

**Games-Howell
Testi**

Multiples comparaciones

Prueba post hoc de
Games–Howel

New in
STATA 14
release

Software estadístico

Stata v14
(Stata Corp, Texas,
EE. UU.)

RESULTADOS

Promedios de microdureza según protocolo de poscurado.

Grupo	Media	DE	EE	IC 95%
E-S15	36,0	1,7	0,6	34,75 – 37,25
E-S30	38,3	1,1	0,3	37,53 – 39,07
E-C15	39,1	0,9	0,3	38,47 – 39,81
E-C30	39,1	1,2	0,4	38,23 – 39,91
O-N	36,0	0,7	0,2	35,54 – 36,52
O-SN	36,9	0,5	0,2	36,57 – 37,29

DE: Desviación estándar; EE: Error Estándar de la media; IC: intervalo de confianza

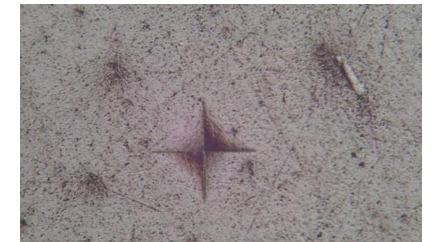
Promedios dureza superficial Shore D según protocolos de poscurado.

Grupo	Media	DE	EE	IC 95%
E-S15	93,5	0,53	0,17	93,12 – 93,88
E-S30	93,9	0,32	0,1	93,67 – 94,13
E-C15	94,3	0,68	0,21	93,82 – 94,78
E-C30	93,7	0,48	0,15	93,36 – 94,04
O-N	93,6	0,84	0,27	93,00 – 94,20
O-SN	93,3	0,48	0,15	92,96 – 93,64

DE: Desviación estándar; EE: Error Estándar de la media; IC: intervalo de confianza

SIGNIFICADO DE LAS SIGLAS

- E:** Sistema de poscurado Elegoo
- O:** Sistema de poscurado Otofash
- S:** Sin glicerina
- C:** Con glicerina
- N:** Con nitrógeno
- SN:** Sin nitrógeno
- 15:** Poscurado durante 15 minutos
- 30:** Poscurado durante 30 minutos



Comparación de los promedios de microdureza entre los diferentes protocolos de poscurado.

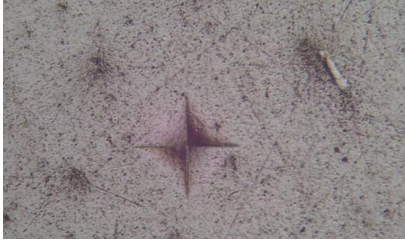
Grupo	E-SN15	E-SN30	E-C15	E-C30	O-N	O-SN
E-SN 15		2,3 *	3,14 ***	3,07***	0,03 *	0,93*
E-SN30			0,84	0,77	2,27*	1,37*
E-C15				0,07	3,11***	2,21***
E-C30					3,04***	2,14***
O-N						0,9*
O-SN						

Prueba pos-hoc Games–Howell; Estadísticamente significativo a * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$.

Comparación de los promedios de dureza superficial Shore D entre los diferentes protocolos de poscurado

Grupo	E-SN15	E-SN30	E-C15	E-C30	O-N	O-SN
E-SN15	-	0,8	-	-	-	-
E-SN30	-	-	-	-	-	-
E-C15	-	-	-	-0,6	-	-
E-C30	-	-	-	-	-	-
O-N	-	-	-	-	-	0,3
O-SN	-	-	-	-	-	-

Prueba pos-hoc Games–Howell; Estadísticamente significativo a * $P<0.05$; ** $P<0.01$; *** $P<0.001$.



SIGNIFICADO DE LAS SIGLAS

- E:** Sistema de poscurado Elegoo
- O:** Sistema de poscurado Otoflash
- S:** Sin glicerina
- C:** Con glicerina
- N:** Con nitrógeno
- SN:** Sin nitrógeno
- 15:** Poscurado durante 15 minutos
- 30:** Poscurado durante 30 minutos



DISCUSIÓN

Evaluación del efecto de diferentes protocolos de poscurado sobre la dureza de resinas dentales impresas en 3D para uso definitivo

Evaluation of the effect of different post-curing protocols on the hardness of 3D-printed dental resins for permanent use

Valentina Castañeda Portillo¹, Santiago Galvis¹, Pablo Villamil², Camilo A. Romo Pérez³.

Portillo *et al.* 2026



92,9 y 94,3
ShoreD Dureza
Superficial

Objetivo

Evaluó el efecto de diferentes protocolos de poscurado sobre la **microdureza y la dureza superficial** de resinas dentales impresas en 3D para uso definitivo

Se encontraron **diferencias significativas en la microdureza**, pero no en la dureza superficial, entre los protocolos evaluados



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

Aguilar *et al.* 2025

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de dureza

Grupo/Tiempo	Promedio (SHORE)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
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

Estudios previos

Incremento del tiempo de poscurado mejora significativamente las propiedades mecánicas resinas impresas en 3D > **Conversión de monómeros**



Hipótesis nula

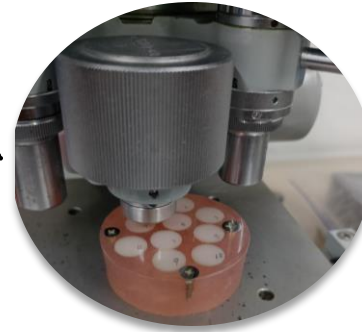
- Makertech Labs. Resina 3D priZma Bio Crown Makertech - LCD e DLP [Internet]. [citado 13 de mayo de 2026]. Disponible en: <https://www.makertechlabs.com.br/>
- Aguilar AGC, Cholango JOC, Vaca DGC. Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D. Anatomía Digit. 2025;8(2):48-68.
- Kim D, Shim JS, Lee D, Shin SH, Nam NE, Park KH, et al. Effects of Post-Curing Time on the Mechanical and Color Properties of Three-Dimensional Printed Crown and Bridge Materials. Polymers. 2020;12(11):2762.
- Bayarsaikhan E, Lim JH, Shin SH, Park KH, Park YB, Lee JH, et al. Effects of Postcuring Temperature on the Mechanical Properties and Biocompatibility of Three-Dimensional Printed Dental Resin Material. Polymers. 2021;13(8):1180.
- Lee EH, Ahn JS, Lim YI, Kwon HB, Kim ML. 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. 2022;126:104993.

Evaluación del efecto de diferentes protocolos de poscurado sobre la dureza de resinas dentales impresas en 3D para uso definitivo

Evaluation of the effect of different post-curing protocols on the hardness of 3D-printed dental resins for permanent use

Valentina Castañeda Portillo¹, Santiago Galvis¹, Pablo Villamil², Camilo A. Romo Pérez³.

Portillo et al. 2026



Microdureza

DISCUSIÓN

$36,0 \pm 0,7 \text{ HV}$

$39,1 \pm 1,2 \text{ HV}$

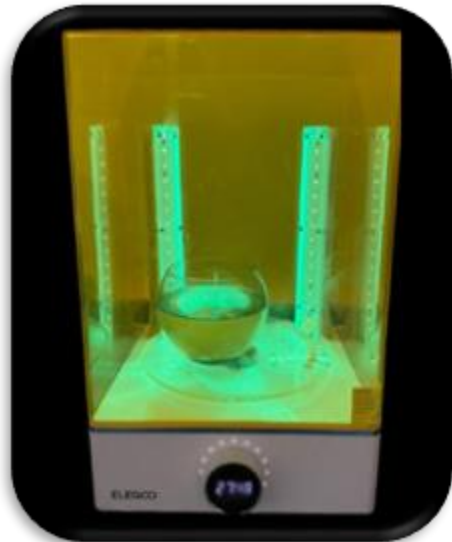
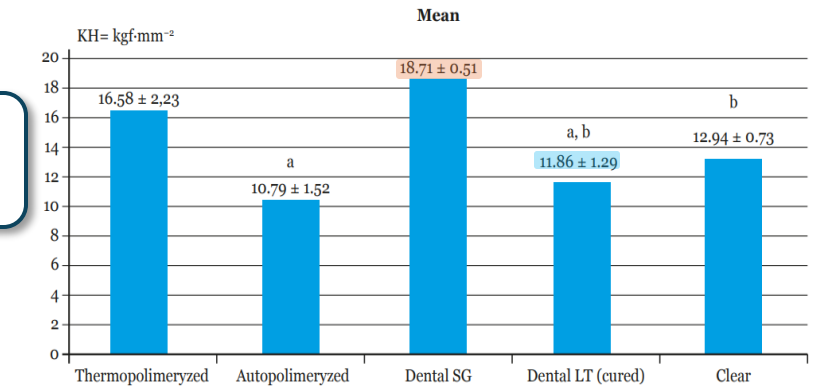


Dental Materials

CLRD
Clinical and Laboratory
Research in Dentistry

The influence of the post-processing method on knoop hardness of photosensitive resins for 3D SLA printer used in Dentistry
Vasques et al. 2019

GRAPH 1 | KH Mean values of the resins for intraoral uses, standard deviation and significance (groups identified by the same letter there was nonsignificant: (a) - autopolymerized and dental LT (cured) and (b) - dental LT (cured) and Clear)



**Presencia de oxígeno
15 y 30 minutos**

Influence of Post-Printing Polymerization Time on the Elution of Residual Monomers and Water Sorption of 3D-Printed Resin Composite

Shaima Alharbi^{1,2,*}, Abdulrahman Alshabib¹, Hamad Algamaiah¹, Muath Aldosari^{3,4} and Abdullah Alayad¹

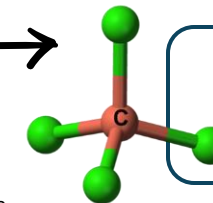
Alharbi et al. 2025

**Tiempos pospolimerización 40 min =
mejora propiedades mecánicas**

RESEARCH Open Access
Effects of post-curing conditions on degree of conversion, microhardness, and stainability of 3D printed permanent resins

Aktug Karademir et al. 2025

Aumento del tiempo de poscurado de 5 a 30 minutos = incremento microdureza



**Formación red polimérica
más densa y estable**



RECOMENDACIONES

Evaluar otras propiedades mecánicas como resistencia flexural, módulo elástico y desgaste superficial.

Incluir diferentes resinas definitivas y sistemas de impresión 3D para mejorar la extrapolación clínica.

Investigar el efecto del envejecimiento artificial y termociclado sobre las propiedades mecánicas.

Comparar resinas impresas en 3D con materiales CAD-CAM convencionales en condiciones clínicas.

Evaluar otros protocolos agregando glaze

CONCLUSIONES



Los diferentes protocolos de poscurado influyeron significativamente en la **microdureza** de la resina **Prizma 3D Bio Crown Diamond**, evidenciando que las condiciones de **pospolimerización** pueden modificar las propiedades mecánicas de las resinas impresas en 3D para uso definitivo.



El sistema de poscurado LED tipo Elegoo en presencia de **oxígeno**, aplicado durante **15 y 30 minutos**, presentó los mayores valores de **microdureza** en la resina evaluada, lo que sugiere una mayor eficiencia en el proceso de pospolimerización.



Los protocolos de poscurado evaluados no mostraron diferencias significativas en la **dureza superficial**, lo que indica que todos permitieron alcanzar niveles similares de **polimerización superficial**.



La incorporación de atmósferas con bajo contenido de **oxígeno** o enriquecidas con **nitrógeno** no produjo mejoras relevantes en la **microdureza** ni en la **dureza superficial** de la resina evaluada.

Gracias