

Resistencia compresiva de resinas de impresión 3d para restauraciones definitivas tipo overlay: estudio in vitro

Compressive Strength of 3D Printing Resins for Definitive Overlay-Type Restorations: An In Vitro Study

Nohora Liliana Romero De La Hoz¹, Karen Paola Narváez Quiñonez²

¹ Estudiante del posgrado de Prostodoncia de la Institución Universitaria Colegios de Colombia; Bogotá; Colombia; nromero@unicoc.edu.co

² Estudiante del posgrado de Prostodoncia de la Institución Universitaria Colegios de Colombia; Bogotá; Colombia; knarvaez@unicoc.edu.co

RESUMEN

Introducción: El desarrollo de resinas para impresión 3D con refuerzo cerámico ha ampliado su uso en restauraciones dentales definitivas. Sin embargo, la resistencia compresiva sigue siendo un factor determinante para el éxito clínico.

Objetivo: Evaluar y comparar la resistencia compresiva de restauraciones definitivas tipo overlay fabricadas con dos resinas impresas en 3D y una resina fresada.

Métodos: Se realizó un estudio experimental in vitro con 63 restauraciones tipo overlay distribuidas en tres grupos (n=21). El Grupo 1 utilizó la resina VarseoSmileCrown Plus (Bego), el Grupo 2 la resina P-Crown V3 (Senertek) y el Grupo 3 la resina fresada CRIOS (Coltene). Las restauraciones fueron sometidas a ensayo de resistencia compresiva en una máquina universal según la norma ISO 604. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de un factor y prueba post hoc de Tukey HSD.

Resultados: La resina VarseoSmileCrown Plus presentó la mayor resistencia compresiva ($1100,1 \pm 180,9$ N), seguida de P-Crown V3 ($1040,1 \pm 176,1$ N) y CRIOS ($814,4 \pm 140,9$ N). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las resinas fresada e impresas ($p < 0,001$), sin diferencias significativas entre las dos resinas impresas ($p = 0,4788$). **Conclusiones:** Las resinas impresas en 3D mediante tecnología SLA, VarseoSmileCrown Plus y P-Crown V3, demostraron una resistencia compresiva significativamente superior frente a la resina fresada CRIOS. Estos hallazgos in vitro permiten su consideración para futuras investigaciones preclínicas y estudios clínicos controlados.

ABSTRACT

Introduction: The development of ceramic-reinforced 3D printing resins has expanded their use in permanent dental restorations. However, compressive strength remains a key factor for clinical success. **Objective:** To evaluate and compare the compressive strength of definitive overlay restorations fabricated with two 3D-printed resins and one milled resin. **Methods:** An in vitro experimental study was conducted on 63 overlay restorations distributed into three groups (n=21). Group 1 used VarseoSmile Crown Plus (Bego), Group 2 used P-Crown V3 (Senertek), and Group 3 used CRIOS (Coltene). Restorations were subjected to compressive strength testing using a universal testing machine according to ISO 604. Data were analyzed with one-way ANOVA and Tukey's HSD post hoc test. **Results:** VarseoSmile Crown Plus showed the highest mean compressive strength (1100.1 ± 180.9 N), followed by P-Crown V3 (1040.1 ± 176.1 N) and CRIOS (814.4 ± 140.9 N). Statistically significant differences were found between the milled and printed groups ($p < 0.001$), while no significant differences were observed between the two printed resins ($p = 0.4788$). **Conclusions:** The 3D-printed resins fabricated with SLA technology, VarseoSmile Crown Plus and P-Crown V3, showed significantly higher compressive strength compared to the milled CRIOS resin. These in vitro findings suggest favorable mechanical performance and support their consideration for further preclinical investigations and potential inclusion in future clinical trials.

PALABRAS CLAVE: Resinas dentales (DeCS); Impresión tridimensional (DeCS); Restauraciones dentales permanentes (DeCS); Compresión (DeCS); Odontología digital (DeCS); Overlay dental (DeCS).

KEYWORDS: Dental resins (MeSH); Three-dimensional printing (MeSH); Permanent dental restorations (MeSH); Compression (MeSH); Digital dentistry (MeSH); Dental overlay (MeSH).

INTRODUCCIÓN

La impresión tridimensional (3D) ha transformado significativamente la odontología restauradora al permitir la fabricación precisa, personalizada y eficiente de restauraciones indirectas mediante manufactura aditiva. (1) Esta tecnología, particularmente en su modalidad de estereolitografía (SLA), emplea la fotopolimerización de resinas capa por capa, alcanzando una alta resolución y adaptabilidad anatómica. (2) A diferencia del fresado CAD/CAM —método sustractivo tradicional— la impresión 3D presenta ventajas como la reducción de desperdicio de material, menor desgaste instrumental y la posibilidad de fabricar geometrías complejas con gran fidelidad superficial. (3)

Uno de los avances más relevantes en este campo ha sido el desarrollo de resinas fotopolimerizables reforzadas con cargas cerámicas, diseñadas para restauraciones definitivas como coronas unitarias, carillas, inlays/onlays y especialmente overlays. Estas restauraciones indirectas adhesivas permiten una rehabilitación mínimamente invasiva del órgano dentario, protegiendo las cúspides remanentes y restaurando la función oclusal, siendo ideales en dientes posteriores con compromiso estructural severo. (4)

Dentro de las propiedades mecánicas fundamentales para el desempeño clínico de estas restauraciones, la resistencia compresiva representa un parámetro crítico. Esta propiedad mide la capacidad de un material para soportar fuerzas de compresión sin fractura o deformación permanente. (5) En el contexto clínico, las restauraciones en sectores posteriores están expuestas a cargas masticatorias que pueden superar los 600–900 N, por lo que un comportamiento mecánico insuficiente podría derivar en fallas catastróficas. (6) Diversos factores inciden en la resistencia compresiva de las resinas impresas: composición de la matriz, orientación de impresión, grosor de capa, grado de conversión polimérica, tipo de poscurado y presencia de defectos estructurales como microporosidades. (7,8)

Aunque el interés por las aplicaciones clínicas de las resinas impresas ha aumentado, la literatura aún presenta limitaciones. Si bien se han estudiado propiedades como la resistencia flexural, la rugosidad superficial y la precisión dimensional (9,10), son escasos los trabajos centrados en resistencia

compresiva bajo condiciones normalizadas. (11) Además, pocos estudios comparan directamente marcas comerciales formuladas específicamente para restauraciones definitivas.(12)

A pesar del creciente interés por las resinas impresas en aplicaciones restauradoras definitivas, persisten limitaciones importantes en la literatura científica. Aunque se ha investigado ampliamente la resistencia flexural, la dureza superficial, la precisión marginal y la biocompatibilidad de estos materiales (9,10), son escasos los estudios centrados específicamente en la resistencia compresiva bajo condiciones estandarizadas (11), y aún más reducidos los que comparan diferentes marcas comerciales diseñadas explícitamente para uso definitivo. (12)

En este contexto, estudios como el de Della Bona et al. (9) destacan el potencial clínico de las resinas SLA, pero señalan limitaciones en ambientes húmedos, especialmente en estabilidad dimensional y resistencia al desgaste. Zhao et al. (11) reportaron valores de resistencia compresiva superiores a 320 MPa en una resina experimental con refuerzo multiescalar, demostrando que mejoras en la formulación pueden cerrar la brecha frente a materiales CAD/CAM. Por su parte, Grzebieluch et al. (12) compararon la resina impresa VarseoSmile Crown Plus con Enamic (mecanizada), concluyendo que, si bien la resistencia flexural era menor en la resina impresa, sus resultados eran aceptables para aplicaciones clínicas de baja a media exigencia funcional. En cuanto a materiales maquinables como Brilliant Crios, estudios recientes han reportado resistencias compresivas medias alrededor de 814 N, umbral que puede ser superado por resinas impresas de última generación. (13)

Valenti et al. (10) refuerzan esta línea al indicar que, aunque las resinas impresas aún no alcanzan la robustez de los materiales fresados en todos los parámetros, han evolucionado hasta cumplir condiciones funcionales compatibles con su evaluación preclínica para restauraciones definitivas de exigencia moderada.

Desde el enfoque actual en odontología restauradora, se prioriza el uso de materiales mínimamente invasivos, con alta resistencia mecánica, adecuada adhesión y versatilidad estética. Las resinas ceramizadas impresas en 3D, gracias a su composición híbrida y a los avances en procesamiento digital,

representan una alternativa moderna y prometedora. (14) Sin embargo, la evidencia sobre su desempeño mecánico bajo carga compresiva en restauraciones tipo overlay sigue siendo limitada, lo cual justifica la necesidad de estudios in vitro comparativos con materiales de referencia como las resinas maquinables. (11)

Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo evaluar la resistencia compresiva de restauraciones definitivas tipo overlay fabricadas en resinas de impresión 3D. Bajo este enfoque, se plantea como hipótesis nula que no existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia compresiva entre las restauraciones elaboradas con las distintas resinas evaluadas, VarseoSmile Crown Plus, P-Crown V3 y CRIOS, lo cual será contrastado mediante análisis estadístico inferencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se desarrolló un estudio experimental, comparativo e in vitro. El estudio fue realizado en el laboratorio de la Fundación Universitaria CIEO-UniCIEO, siguiendo los principios metodológicos de diseño controlado y estandarización operativa.

Población, muestra y muestreo

La población de estudio estuvo compuesta por restauraciones definitivas tipo overlay diseñadas para primeros molares inferiores. Se empleó un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, y el tamaño muestral fue calculado utilizando el software estadístico R (versión 2024), considerando un nivel de confianza del 95%, una potencia estadística del 80% y un error del 0,4. Se obtuvieron tres grupos de 21 muestras (n=63):

Grupo 1: restauraciones overlay en resina VarseoSmile Crown Plus (BEGO).

Grupo 2: restauraciones overlay en resina P-Crown V3 (Senertek).

Grupo 3: restauraciones overlay en resina fresada CRIOS (Coltene).

Variables

Variable independiente: tipo de resina (impresa VarseoSmile, impresa P-Crown V3, fresada CRIOS).

Variable dependiente: resistencia compresiva (medida en Newtons, escala de razón).

Variables de control: orientación de impresión, espesor de 2 mm, protocolo de poscurado, protocolo adhesivo, máquina de prueba.



Figura 1. Modelo impreso. Fuente: Dra. Rivas y col (2023)

Preparación de muestras

El modelo base correspondió a un primer molar inferior escaneado digitalmente y fue impreso en resina Aqua Vanilla de Phrozen. El diseño Geller fue proporcionado por el Dr. Johann Pabuena. (Fig.1) Se elaboraron matrices de silicona Elite HD (Zhermack) de alta densidad para guiar la preparación de las cavidades. Cada operador preparó 10 modelos, con cortes en sentido vestibulo-lingual. Las preparaciones se estandarizaron según el protocolo ROA, con 2 mm de reducción oclusal y biseles externos sin ángulos definidos. (Fig. 2)



Figura 2. (a) Corte vestibulo lingual. (b) Verificación de corte uniforme. (c) Verificación de asentamiento sagital. (d) Verificación de asentamiento vestibulo lingual. Fuente: Dra. Rivas y col (2023)

Se utilizó una pieza de alta velocidad con irrigación, fresas troncocónicas de grano grueso y fresas anatómicas calibradas. Se seleccionaron aleatoriamente dos preparaciones, de las cuales una fue validada por el asesor científico como referencia estándar debido a su morfología y acabado superficial óptimos. (Fig.3)

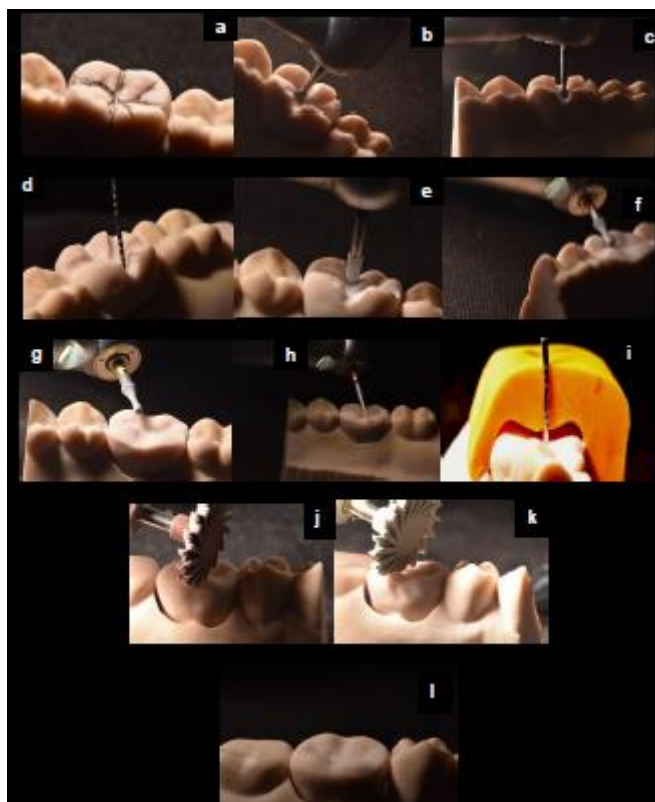


Figura 3. (a) Marcación de surcos de desarrollo. (b)y(c) Desgaste inicial en surco principal con fresa redonda. (d) calibración con sonda carolina del norte hu friedy. (e)Contorneo con fresa 846KRF.021 de 6°. (f) y (g) preparación con fresa anatómica en cúspide

Diseño y fabricación de restauraciones

La preparación validada fue escaneada con el sistema InEos X5 (Sirona) utilizando el software InLab 22.0. El diseño CAD fue procesado en 3Shape y se estableció una orientación vertical de impresión para mejorar la exactitud morfológica. Se imprimieron los modelos con resina Aqua Vanilla de la marca phrozen (alta precisión) en impresora SHINING 3D AccuFab L4K (Figura 4). El posprocesado incluyó lavado en alcohol isopropílico al 96% dos ciclos de limpieza cada uno de 3 minutos y fotocurado en cámara UV durante 20 minutos a una longitud de onda de 280-580 nm, siguiendo las indicaciones del fabricante.

La calibración de impresión se realizó con prototipos articulados, siguiendo las especificaciones de los fabricantes. Se emplearon perfiles validados por las casas comerciales las cuales incluyeron una altura de capa de 50 μm , tiempo de exposición inicial aproximado de 8 segundos y exposición por capa de 1,7 segundos, bajo tecnología SLA de 385 nm.

Posteriormente, se imprimieron las restauraciones definitivas overlay de los grupos 1 y 2 utilizando resinas VarseoSmile Crown Plus y P-Crown V3 respectivamente, con tiempos promedio de 8 horas por lote. Las restauraciones del Grupo 3 fueron fresadas a partir de bloques CRIOS, empleando fresadora CAD/CAM estandarizada.



Figura 4. Impresión de prototipo. Fuente: Elaboración propia

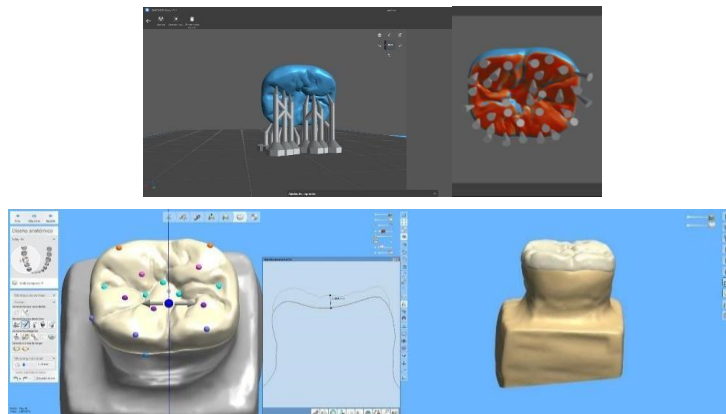


Figura 5. Estandarización y preparación de las restauraciones. Fuente: Dra. Rivas y col (2023)

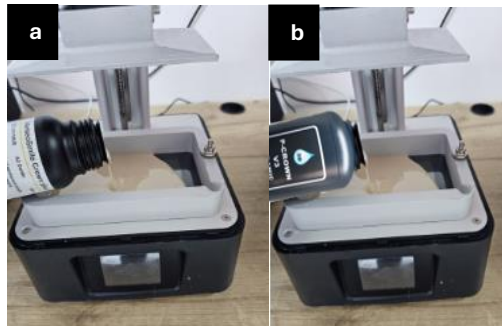


Figura 6. Calibración e impresión de las restauraciones por medio de parámetros de cada casa comercial. a. Resina VarseoSmileCrown de Bego. b. Resina P-Crown V3 de Senertek. Fuente: Elaboración propia

Simulación clínica y procedimiento adhesivo

Para la simulación periodontal, cada prototipo fue montado en acrílico transparente con aplicación de silicona de adición de baja viscosidad, replicando el ligamento periodontal. (Fig. 7) Se realizó tratamiento de superficie con óxido de aluminio (50 μm , 2.5 bares), (Fig. 8) seguido de protocolo adhesivo clínico: grabado ácido con H_3PO_4 al 37%, aplicación del adhesivo Single Bond Universal (3M ESPE) y cementación con RelyX Ultimate (3M), curado dual. (Fig. 9) La calidad del asentamiento fue verificada visual y táctilmente en el modelo base.



Figura 7. Simulación de ligamento periodontal y encofrado de prototipo). Fuente: Elaboración propia

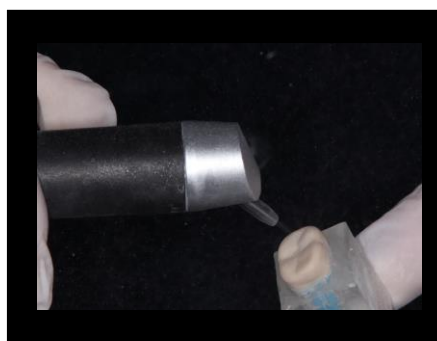


Figura 8. Arenado del prototipo. Fuente: Elaboración propia

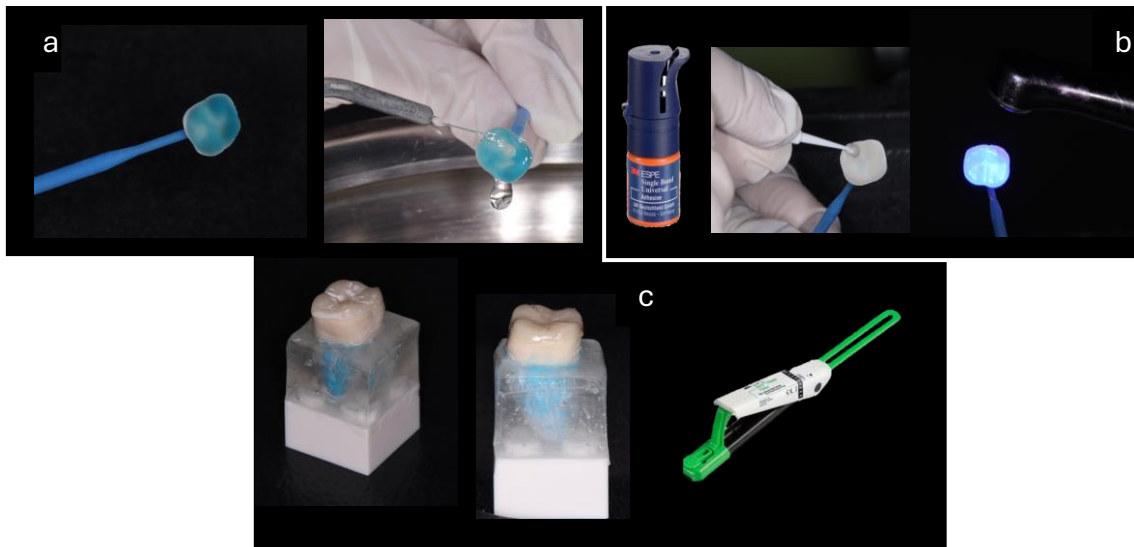


Figura 9. a. Grabado ácido de las restauraciones b. Técnica adhesiva de las restauraciones. c. Cementación de las restauraciones. Fuente: Elaboración propia

Evaluación de la resistencia compresiva

La resistencia compresiva fue evaluada mediante una máquina universal de ensayos (Instron, modelo 3366), siguiendo los lineamientos de la norma ISO 604 para polímeros. Las restauraciones se posicionaron entre dos placas metálicas paralelas, y la carga fue aplicada en sentido axial a una velocidad constante de 1 mm/min hasta la fractura. Los valores fueron registrados en Newtons (N) y consolidados en una base de datos. (Fig. 10)

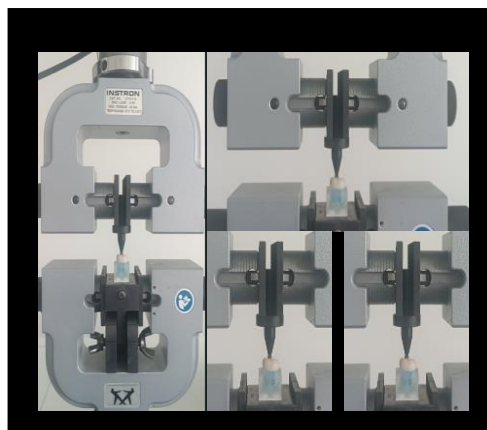


Figura 10. Prueba de resistencia compresiva. Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron tabulados en Microsoft Excel y analizados con el software SPSS v27.0 (IBM Corp., EE.UU.). Se realizó un análisis univariado (media, desviación estándar, máximo, mínimo, IQR). (Tabla 1) La distribución de

los datos fue evaluada con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Al cumplirse los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se aplicó análisis de varianza (ANOVA) de un factor para comparar los grupos. Posteriormente, se utilizó la prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer para identificar diferencias específicas entre pares de grupos. Se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$. Adicionalmente, se calculó el tamaño del efecto (Cohen's d) para valorar la magnitud de las diferencias observadas.

Tabla 1. Análisis univariado

	Grupo 1: Resina BEGO (N)	Grupo 2: Resina V3 (N)	Grupo 3: Disilicato (N)
Promedio	1100,08	1040,08	814,38
Desviación estándar	180,97	176,07	140,97
Máximo	1415,33	1446,84	1045,89
Mínimo	734,64	789,08	544,84
IQR	224,64	183,10	233,22

RESULTADOS

El análisis de los datos obtenidos permitió establecer diferencias significativas en la resistencia compresiva de los tres grupos de restauraciones evaluadas. Se obtuvieron estadísticas descriptivas para cada grupo de resina, las cuales revelan un comportamiento mecánico diferencial, destacando los grupos con resinas impresas en 3D respecto al grupo con resina maquinada.

Análisis descriptivo

El Grupo 1 (VarseoSmile Crown Plus de BEGO) presentó el mayor promedio de resistencia compresiva, con un valor medio de 1100,1 N y una desviación estándar de 180,9 N. Los valores oscilaron entre 734,6 N y 1415,3 N. En el Grupo 2 (P-Crown V3 de Senertek), la resistencia media fue de 1040,1 N, con una desviación estándar de 176,1 N, y un rango de 789,1 N a 1446,8 N. En contraste,

el Grupo 3 (CRIOS de Coltene) obtuvo una media de 814,4 N y desviación estándar de 140,9 N, con un rango de 544,8 N a 1045,9 N.

Los rangos intercuartílicos (IQR) también evidenciaron mayor variabilidad en el grupo de CRIOS (233,2 N) comparado con los grupos de resinas impresas (224,6 N para BEGO y 183,1 N para P-Crown V3), lo que sugiere una menor consistencia en el comportamiento de la resina fresada. (Tabla 2)

Tabla 2. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey HSD/Kramer para la resistencia compresiva de restauraciones tipo overlay con tres tipos de resina

	N	Promedio	Error Estándar	Mediana	Máximo	Mínimo	IQR	SW p- value
Grupo1 Resina impresa VarseoSmileCrown De Bego Grupo experimental (N)	21	1100,1	39,5	1126,6	1415,3	734,6	224,6	0,414
Grupo 2 Resina impresa P-Crown V3 De Senertek Grupo experimental (N)	21	1040,1	38,4	1006,5	1446,8	789,1	183,1	0,175
Grupo 3 Resina maquinable CRIOS de Coltene Grupo Control (N)	21	814,4	30,8	769,9	1045,9	544,8	233,2	0,186

Análisis de normalidad

La prueba de Shapiro-Wilk confirmó que los datos de cada grupo presentaban una distribución normal ($p > 0,05$ en todos los casos), permitiendo el uso de pruebas paramétricas para el análisis comparativo.

Se realizó una prueba ANOVA de un factor, que mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p < 0,05$). Esto justificó la aplicación de pruebas post hoc para establecer comparaciones específicas entre pares de grupos. (Tabla 3)

Tabla 3. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los grupos experimentales

	Grupo1: Resina BEGO (N)	Grupo2: Resina V3 (N)	Grupo3: Disilicato (N)
W-stat	0,95	0,94	0,94
p-value	0,41	0,17	0,19

Tabla 4. Diferencias absolutas de medias entre grupos experimentales y grupo control

Grupo 1	Grupo 2	Promedio
Grupo1: Resina VarseoSmileCrown (N) Grupo experimental	Grupo2: Resina P-Crown V3 (N) Grupo experimental	60,0
Grupo1: Resina VarseoSmileCrown (N) Grupo experimental	Grupo3: Resina CRIOS (N) Grupo Control	285,7
Grupo2: Resina P-Crown V3 (N) Grupo experimental	Grupo3: Resina CRIOS (N) Grupo Control	225,7

Los resultados de la prueba de Tukey indicaron que:

- No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos 1 y 2 (VarseoSmile y P-Crown V3), con una diferencia de medias de 60,0 N ($p = 0,4788$).
- Sí hubo diferencias significativas entre el grupo 1 y el grupo 3 (VarseoSmile vs CRIOS), con una diferencia de medias de 285,7 N ($p < 0,00001$).

- También hubo diferencias significativas entre el grupo 2 y el grupo 3 (P-Crown V3 vs CRIOS), con una diferencia de 225,7 N ($p = 0,00014$).

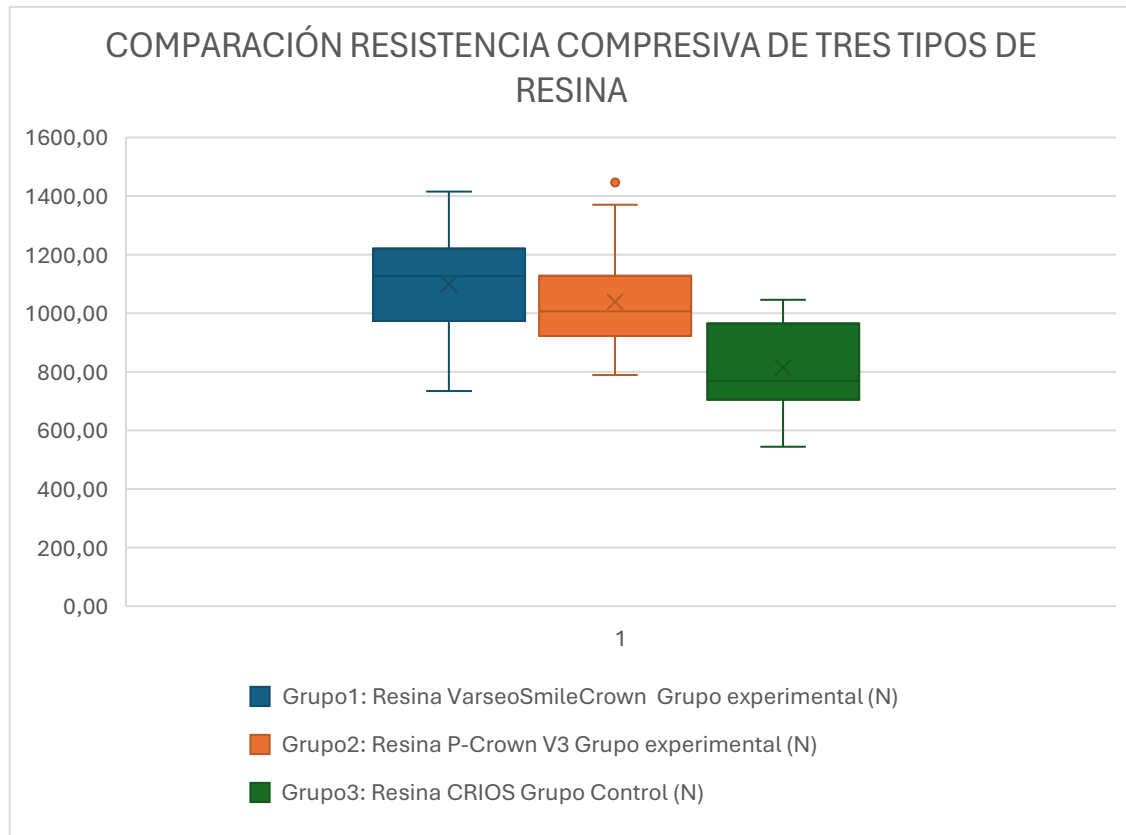


Figura 11. Comparación de la resistencia compresiva de restauraciones tipo overlay elaboradas con resinas VarseoSmileCrown, P-Crown V3 y CRIOS

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio se enmarcan en una tendencia creciente de investigación orientada a validar las resinas impresas como alternativas viables para restauraciones definitivas. En línea con estudios recientes, se observó que las resinas fabricadas por estereolitografía (SLA) presentan un desempeño mecánico que rivaliza, e incluso supera, al de algunos materiales fresados CAD/CAM, particularmente en lo concerniente a la resistencia compresiva. Esta observación coincide con los hallazgos de Zhao et al. (11), quienes reportaron valores superiores a 320 MPa en resinas impresas reforzadas con partículas multiescalares, destacando la relevancia de la matriz y del control del proceso de impresión.

Una posible explicación para el mejor comportamiento de VarseoSmile Crown Plus podría atribuirse a su formulación ceramizada con partículas de vidrio tratadas con silano, combinada con un protocolo de poscurado controlado. (12)

Esta hipótesis concuerda con lo expuesto por Della Bona et al. (9), quienes subrayan que la estabilidad mecánica de las restauraciones impresas depende no solo del tipo de resina, sino también de la calidad del posprocesamiento y la fidelidad morfológica alcanzada durante la impresión.

En contraste, la resina fresada CRIOS mostró valores inferiores de resistencia compresiva. Este resultado es congruente con lo reportado por Prause et al. (13), quienes identificaron un menor desempeño frente a carga estática en polímeros maquinados, posiblemente debido a su menor contenido de relleno inorgánico y al patrón de distribución de cargas en restauraciones adhesivas. Aun cuando CRIOS ofrece ventajas en cuanto a estabilidad dimensional y adaptación marginal, su capacidad para soportar cargas oclusales elevadas podría verse limitada en situaciones clínicas exigentes.

Por otra parte, la similitud en los valores medios obtenidos para P-Crown V3 y VarseoSmile Crown Plus sugiere una equivalencia funcional entre ambas resinas impresas bajo carga compresiva. Esta observación se alinea con la revisión sistemática de Valenti et al. (10), quienes destacaron que la brecha en propiedades mecánicas entre materiales impresos y fresados se ha estrechado sustancialmente en la última década, gracias a mejoras en formulación, curado y diseño digital.

No obstante, la mayor dispersión de resultados observada en el grupo P-Crown podría deberse a variaciones en el grado de conversión polimérica, o a diferencias en la distribución del relleno cerámico. Este tipo de comportamiento ha sido descrito previamente por Espinar et al. (15), quienes evidenciaron que la orientación de impresión, el grosor de capa y la homogeneidad del curado influyen significativamente en la resistencia final de las restauraciones impresas.

La literatura reciente también ha demostrado que los parámetros de impresión, especialmente la orientación respecto al eje de carga, afectan de forma determinante la respuesta mecánica de las resinas impresas. Farkas et al. (16) y Kim y Song (8) observaron que una orientación vertical o de 0° genera estructuras más resistentes, mientras que un mal alineamiento o una exposición insuficiente durante el poscurado pueden inducir debilidad estructural.

Aunque la resistencia compresiva es una propiedad crítica, autores como Morimoto et al. (17) y Della Bona et al. (9) enfatizan que debe ser considerada junto con la resistencia a la fatiga, la estabilidad térmica y la integridad adhesiva bajo condiciones orales reales. Este estudio controló rigurosamente los parámetros de diseño, impresión y adhesión, pero reconoce que, al tratarse de una investigación in vitro, no fue posible replicar fenómenos clínicos como la hidrólisis, la degradación adhesiva o el estrés cíclico funcional.

Desde un enfoque clínico, los hallazgos permiten considerar a las resinas SLA como opciones restauradoras definitivas viables, siempre que se respete un diseño biomecánico adecuado, se asegure un espesor mínimo de 2 mm y se apliquen protocolos adhesivos validados. Esto resulta especialmente relevante en sectores posteriores, donde las cargas masticatorias superan frecuentemente los 800 N. (18) Asociaciones internacionales como la International Association for Dental Research (IADR) y la Academy of Dental Materials han reconocido el potencial de las resinas impresas, siempre que estén respaldadas por evidencia científica robusta. (19,20)

El comportamiento más uniforme de VarseoSmile sugiere ventajas adicionales en términos de predictibilidad clínica. Esta previsibilidad es esencial para reducir fallas catastróficas y garantizar longevidad restauradora, especialmente en pacientes con bruxismo o patrones oclusales severos.(10) A su vez, la posibilidad de obtener propiedades mecánicas óptimas con tecnología SLA podría facilitar la expansión del uso clínico de estas resinas, especialmente en zonas con limitada disponibilidad de sistemas de fresado o materiales de alto costo. (21)

En cuanto a las limitaciones del estudio, es importante señalar que, si bien se emplearon condiciones estandarizadas para garantizar la reproducibilidad, el diseño in vitro restringe la extrapolación directa a entornos clínicos. No se evaluaron aspectos como la degradación en medio húmedo, la interacción con saliva o el comportamiento bajo carga cíclica. Además, la evaluación se centró en una única variable mecánica (resistencia compresiva), por lo que futuras investigaciones deberían incluir ensayos de fatiga, flexión y retención adhesiva a largo plazo. (5,22)

Finalmente, se plantea la necesidad de llevar a cabo estudios in vivo controlados y longitudinales que analicen el comportamiento clínico de estas resinas impresas en condiciones reales. Tales estudios deberán considerar la interacción con el tejido dental, la longevidad del sistema adhesivo, la estabilidad estética y la satisfacción del paciente, como indicadores clave para validar la integración de estas tecnologías en la práctica odontológica diaria.

CONCLUSIONES

Este estudio in vitro permitió comparar la resistencia compresiva de restauraciones tipo *overlay* fabricadas con dos resinas impresas mediante tecnología SLA (VarseoSmile Crown Plus y P-Crown V3) y una resina maquinada (CRIOS), evidenciando que las resinas impresas presentaron un comportamiento mecánico superior, sin diferencias significativas entre ellas. Estos hallazgos sugieren un potencial estructural relevante de las resinas impresas para su aplicación en restauraciones sometidas a cargas oclusales elevadas; sin embargo, su extrapolación al contexto clínico debe realizarse con cautela. Se recomienda la realización de estudios preclínicos adicionales que incluyan simulaciones dinámicas, análisis de fatiga y envejecimiento acelerado, así como ensayos clínicos controlados que evalúen el desempeño funcional, la estabilidad adhesiva a largo plazo y la biocompatibilidad tisular, con el fin de validar rigurosamente la viabilidad del uso definitivo de resinas impresas en odontología restauradora.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. Vol. 12, Dentistry Journal. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
2. Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. Vol. 16, J Dent Shiraz Univ Med Sci. 2015.
3. Kalsoom U, Nesterenko PN, Paull B. Recent developments in 3D printable composite materials. Vol. 6, RSC Advances. Royal Society of Chemistry; 2016. p. 60355–71.

4. Veneziani M. Posterior indirect adhesive restorations: updated indications and the Morphology Driven Preparation Technique [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/317022052>
5. Paradowska-Stolarz A, Malysa A, Mikulewicz M. Comparison of the Compression and Tensile Modulus of Two Chosen Resins Used in Dentistry for 3D Printing. *Materials*. 2022 Dec 1;15(24).
6. Veeman D, Palaniyappan S. Process optimisation on the compressive strength property for the 3D printing of PLA/almond shell composite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 2023 Jun 1;36(6):2435–58.
7. Pantea M, Ciocoiu RC, Greabu M, Totan AR, Imre M, Țâncu AMC, et al. Compressive and Flexural Strength of 3D-Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An In Vitro Comparison. *Materials*. 2022 May 1;15(9).
8. Kim SM, Song YJ. Comparison of Compressive Fracture Strength according to the Layered Thickness of 3D Printing Resin. *International Journal of Clinical Preventive Dentistry*. 2023 Dec 31;19(4):57–60.
9. Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. Vol. 37, *Dental Materials*. Elsevier Inc.; 2021. p. 336–50.
10. Valenti C, Isabella Federici M, Masciotti F, Marinucci L, Xhimitiku I, Cianetti S, et al. Mechanical properties of 3D printed prosthetic materials compared with milled and conventional processing: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Vol. 132, *Journal of Prosthetic Dentistry*. Elsevier Inc.; 2024. p. 381–91.
11. Zhao M, Geng Y, Fan S, Yao X, Zhu M, Zhang Y. 3D-printed strong hybrid materials with low shrinkage for dental restoration. *Compos Sci Technol*. 2021 Sep 8;213.
12. Grzebieluch W, Kowalewski P, Grygier D, Rutkowska-Gorczyca M, Kozakiewicz M, Jurczyszyn K. Printable and machinable dental restorative composites for cad/cam application—comparison of mechanical properties, fractographic, texture and fractal dimension analysis. *Materials*. 2021 Sep 1;14(17).
13. Prause E, Malgaj T, Kocjan A, Beuer F, Hey J, Jevnikar P, et al. Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: An in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2024 Feb 1;36(2):391–401.

14. Chen Q, Zou B, Lai Q, Zhu K. SLA-3d printing and compressive strength of PEGDA/nHAP biomaterials. *Ceram Int*. 2022 Oct 15;48(20):30917–26.
15. Espinar C, Pérez MM, Pulgar R, Leon-Cecilla A, López-López MT, Della Bona A. Influence of printing orientation on mechanical properties of aged 3D-printed restorative resins. *Dental Materials*. 2024 Apr 1;40(4):756–63.
16. Farkas AZ, Galatanu SV, Nagib R. The Influence of Printing Layer Thickness and Orientation on the Mechanical Properties of DLP 3D-Printed Dental Resin. *Polymers (Basel)*. 2023 Mar 1;15(5).
17. Morimoto S, Rebello De Sampaio FBW, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. Vol. 95, *Journal of Dental Research*. SAGE Publications Inc.; 2016. p. 985–94.
18. Pot GJ, Van Overschelde PA, Keulemans F, Kleverlaan CJ, Tribst JPM. Mechanical Properties of Additive-Manufactured Composite-Based Resins for Permanent Indirect Restorations: A Scoping Review. Vol. 17, *Materials*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
19. Celik HK, Koc S, Kustarci A, Caglayan N, Rennie AEW. The state of additive manufacturing in dental research – A systematic scoping review of 2012–2022. *Heliyon*. 2023 Jun 1;9(6).
20. Balestra D, Lowther M, Goracci C, Mandurino M, Cortili S, Paolone G, et al. 3D Printed Materials for Permanent Restorations in Indirect Restorative and Prosthetic Dentistry: A Critical Review of the Literature. Vol. 17, *Materials*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
21. Saini JS, Dowling L, Kennedy J, Trimble D. Investigations of the mechanical properties on different print orientations in SLA 3D printed resin. *Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci*. 2020 Jun 1;234(11):2279–93.
22. Suksuphan P, Krajangta N, Didron PP, Wasanapiarnpong T, Rakmanee T. Marginal adaptation and fracture resistance of milled and 3D-printed CAD/CAM hybrid dental crown materials with various occlusal thicknesses. *J Prosthodont Res*. 2024;68(2):326–35.

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Modelo impreso. Fuente: Dra. Rivas y col (2023).....	6
--	---

Figura 2. (a) Corte vestíbulo lingual. (b) Verificación de corte uniforme. (c) verificación de asentamiento sagital. (d) verificación de asentamiento vestíbulo lingual. Fuente: Dra. Rivas y col (2023)	6
Figura 3. (a) Marcación de surcos de desarrollo. (b) y (c) Desgaste inicial en surco principal con fresa redonda. (d) calibración con sonda carolina del norte hu friedy. (e) Contorneo con fresa 846KRF.021 de 6 °. (f) y (g) preparación con fresa anatómica en cúspide	7
Figura 4. Impresión de prototipo. Fuente: Elaboración propia	8
Figura 5. Estandarización y preparación de las restauraciones. Fuente: Dra. Rivas y col (2023)	8
Figura 6. Calibración e impresión de las restauraciones por medio de parámetros de cada casa comercial. a. Resina VarseoSmileCrown de Bego. b. Resina P-Crown V3 de Senertek. Fuente: Elaboración propia Fuente: Elaboración propia	9
Figura 7. Simulación de ligamento periodontal y encofrado de prototipo). Fuente: Elaboración propia	9
Figura 8. Arenado del prototipo. Fuente: Elaboración propia	9
Figura 9. a. Grabado ácido de las restauraciones b. Técnica adhesiva de las restauraciones. c. Cementación de las restauraciones. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 10. Prueba de resistencia compresiva. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 11. Comparación de la resistencia compresiva de restauraciones tipo overlay elaboradas con resinas VarseoSmileCrown, P-Crown V3 y CRIOS	14