

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



"Resistencia flexural de tres resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y bulk fill –
Estudio *in vitro*".

TESIS

AUTOR

Miriam Velásquez Arpasi (0009-0005-3749-2445)

ASESOR

Mg. Esp. Fiorella Andia Martínez (0000-0002-9219-6308)

Tacna, junio de 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Miriam Velásquez Anpasi, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Odontología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 45519171, declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

" Resistencia Flexural de tres Resinas nanohíbridas, Fluidas de alta carga y Bulk Fill - Estudio in vitro "

Asesorada por Mg. Esp. Fionella Andía Martínez, la cual presente para optar el: Título Profesional de Cirujano Dentista.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable frente a La Universidad de cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



DNI: 4551 91 71

Fecha: 24/06/26

CONTENIDO

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
ABSTRACT.....	7
CAPITULO I EL PROBLEMA	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos de la investigación.....	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.5. Definición de términos básicos	12
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	13
2.1. Antecedentes de la investigación	13
2.1.1. Internacionales	13
2.1.2. Nacionales.....	15
2.1.3. Locales	16
2.2. Marco teórico	17

2.2.1. Variable Independiente: Tipo de Resina Compuesta.....	17
2.2.2. Variable Dependiente: Resistencia Flexural	19
2.2.3. Factores Críticos en la Interacción de Variables	20
CAPÍTULO III HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	21
3.1 Hipótesis.....	21
3.1.1. Hipótesis general:	21
3.1.2. Hipótesis específicas:.....	21
3.2 Operacionalización de variables	22
3.3. Instrumentación y Protocolo de Medición	23
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
4.1. Diseño de investigación.....	24
4.2. Ámbito de estudio.....	25
4.3. Población y muestra	25
4.4. Criterios de selección	26
4.4.1. Criterios de inclusión	26
4.4.2. Criterios de exclusión.....	26
4.4 Técnica y fuente de recolección de datos	27
4.4.1 Técnica.....	27
4.4.2 Instrumentos	27

CAPÍTULO V: PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	28
5.1. Procedimiento de recojo de datos.....	28
5.2. Consideraciones éticas	30
RESULTADOS	31
Análisis de Normalidad.....	31
Análisis Descriptivo de la Resistencia Flexural	32
Análisis Inferencial y Contrastación de Hipótesis	36
Comparaciones Múltiples (Post Hoc)	38
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES.....	44
ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la resistencia flexural según el tipo de resina	35
Tabla 2: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Nanohíbrida	36

Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Fluida de Alta Carga	37
Tabla 4: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Bulk Fill	37
Tabla 5: Prueba de homogeneidad de varianzas	40
Tabla 6: Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia flexural	40
Tabla 7: Tabla de comparaciones múltiples	42

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi luz, guía, fortaleza y compañía en cada paso de mi vida.
Por sostenerme en los momentos difíciles y permitirme alcanzar este
importante logro académico.

A mi madre, Rosalía Arpasi de Velásquez, por ser ejemplo de amor, perseverancia y fuerza
inquebrantable; por enseñarme, con su vida, que todo esfuerzo tiene sentido cuando se
persigue con fe, valentía y determinación.

A mi padre, Donato Andrés Velásquez Montora, por su amor infinito,
paciencia, ternura, alegría y constante apoyo.

Mis Padres son la fuerza y el aliento de mi vida, un refugio inagotable de
amor y paz en toda mi formación académica.

A mis hermanos, Daysi y Edwin por su lealtad, compañía, preocupación y entrega constante hacia nuestra familia. Gracias a los dos por brindarme su apoyo sincero y ambos ser una presencia valiosa en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Privada de Tacna**, de manera especial a los **Docentes de la Escuela Profesional de Odontología**, por su integridad, profesionalismo, ética y calidad en cada clase brindada durante mi formación académica.

A mi asesora, **Mg. Esp. Fiorella Andía Martínez**, por su valiosa orientación, paciencia y apoyo constante en el desarrollo de esta investigación.

Asimismo expreso mi total gratitud a los miembros del Jurado,

- **Dra. Angela Aquize Díaz,**
- **Mag. José Giancarlo Tozo Burgos**
- **Mag. Fernando Mauricio Espada Salgado,**

Por su valioso tiempo e imparcialidad. Por su rigurosidad académica; sus exigentes observaciones y orientaciones fueron el motor que permitió elevar la calidad de esta investigación, siendo fundamentales para mi culminación académica y mi formación profesional en el campo de la Odontología. Gracias a su soporte y profesionalismo, este trabajo alcanza la solidez necesaria para mi futuro desempeño laboral.

Mi eterna gratitud a mis padres, cuyo sacrificio, oraciones y fe inquebrantable fueron el motor de este anhelado sueño. Valoro profundamente cada esfuerzo y entrega desinteresada que hicieron en mi vida y formación académica; es una deuda de amor y gratitud que reconoceré y honraré toda mi vida.

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia flexural de tres resinas compuestas: una nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT), una fluida de alta carga (Universal Flow, PALFIQUE) y una resina Bulk Fill (AURA). **Material y Métodos:** Estudio

experimental *in vitro*, transversal y comparativo. La muestra consistió en 33 varillas de resina (n=11 por grupo) confeccionadas según la norma ISO 4049 (25x2x2 mm). Se evaluó la resistencia flexural mediante una prueba de flexión en tres puntos en una máquina universal de ensayos a una velocidad de 0.5 mm/min. Los datos fueron analizados mediante la prueba ANOVA de un factor con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). **Resultados:** La resina nanohíbrida presentó el promedio más alto de resistencia flexural (92.24 \pm 24.73 MPa), seguida por la resina Bulk Fill (84.21 \pm 15.60 MPa) y la resina fluida de alta carga (74.67 \pm 17.36 MPa). Sin embargo, la prueba de ANOVA mostró un valor de $p = 0.127$.

Conclusiones: No existen

diferencias estadísticamente significativas en la resistencia flexural entre las resinas nanohíbrida, fluida de alta carga y Bulk Fill evaluadas. Los tres materiales mostraron un comportamiento mecánico similar bajo las condiciones del estudio.

Palabras clave: Resinas compuestas; Resistencia a la flexión; Nanotecnología;

Odontología restauradora.

ABSTRACT

Flexural strength of three nanohybrid, high-load flowable and bulk fill composite resins – In vitro study

Objective: To compare the flexural strength of three composite resins: a nanohybrid

(3M™ Filtek™ Z350 XT), a high-load flowable (Universal Flow, PALFIQUE), and a Bulk Fill resin (AURA). Material and Methods: An *in vitro*, cross-sectional, and comparative experimental study. The sample consisted of 33 resin rods (n=11 per group) made according to ISO 4049 (25x2x2 mm). Flexural strength was evaluated using a three-point bending test in a universal testing machine at a speed of 0.5 mm/min. Data were analyzed using a one-way ANOVA test with a significance level of 5% ($p < 0.05$). Results: The nanohybrid resin presented the highest average flexural strength (92.24 ± 24.73 MPa), followed by the Bulk Fill resin (84.21 ± 15.60 MPa) and the high-load flowable resin (74.67 ± 17.36 MPa). However, the ANOVA test showed a value of $p = 0.127$. Conclusions: There are no statistically significant differences in flexural strength between the nanohybrid, high-load flowable, and Bulk Fill resins evaluated. All three materials showed similar mechanical behavior under the study conditions.

Keywords: Composite Resins; Flexural Strength; Nanotechnology; Dentistry, Operative.

CAPITULO I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La trayectoria de las resinas compuestas en la odontología restauradora se remonta aproximadamente a la mitad primera del siglo XX, marcando un avance significativo desde los materiales estéticos iniciales como los silicatos y las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA), que presentaban limitaciones notables en cuanto a desgaste y contracción. La era de las resinas modernas se consolidó en 1962 con el

innovador desarrollo de la matriz de Bis-GMA por el Dr. Ray L. Bowen y la introducción de los agentes de acoplamiento. Desde entonces, las continuas mejoras en sus formulaciones transformaron estos materiales en una de las contribuciones más significativas para la odontología contemporánea (1).

En la actualidad, las resinas compuestas se consideraron el material restaurador de elección en procedimientos directos debido a su capacidad para reproducir con alta fidelidad las propiedades ópticas del diente natural, incluyendo el color, la interacción con la luz (translucidez, fluorescencia y opalescencia) y la textura superficial. El comportamiento óptico del diente está determinado por su estructura, donde el esmalte, al ser más translúcido, permite el paso de la luz hacia la dentina subyacente, responsable del tono principal y más opaco. Los avances en el desarrollo de resinas con diferentes grados de opacidad permitieron lograr una integración cromática altamente estética, fenómeno conocido como “efecto camaleón”, en el cual la restauración se mimetiza con los tejidos circundantes de manera prácticamente imperceptible

(2).

Las resinas compuestas constituyeron un pilar en la odontología restauradora contemporánea debido a los beneficios estéticos que ofrecían. Estos materiales permitieron que las restauraciones se integraran de manera prácticamente imperceptible con los dientes naturales, al reproducir con alta fidelidad su color, brillo y comportamiento frente a la luz. Asimismo, la adecuada estabilidad cromática y la resistencia frente a la pigmentación contribuyeron a mantener la apariencia inicial en el

tiempo, consolidando a las resinas compuestas como una alternativa duradera y eficaz para preservar una sonrisa armónica y natural

(3).

A pesar de estos avances, el éxito de estos materiales se atribuyó en gran medida a su capacidad adhesiva al sustrato dentario y a la preservación de la estructura dental mediante técnicas innovadoras como el *resin coating*, que evidenciaron la formación de una barrera protectora eficaz sobre la dentina (4). Sin embargo, el principal problema que contribuyó al desgaste y fractura de la resina dental fue la tensión de contracción que surgía durante el proceso de fotopolimerización. La resistencia a la flexión fue particularmente crítica en restauraciones posteriores, pues aseguró la capacidad del material para soportar fuerzas masticatorias intensas y repetitivas; valores insuficientes se relacionaron con fracturas y fallas clínicas (5).

En este escenario, persisten interrogantes sobre el rendimiento comparativo de resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y *bulk-fill*, debido a variaciones en su composición y propiedades, especialmente en resistencia flexural, lo que generó incertidumbre clínica (6). Se hace necesario, por tanto, profundizar en el conocimiento sobre las resinas, ya que factores como la fractura fueron razones principales de falla que afectaron directamente su permanencia a largo plazo (7).

1.2. Formulación del problema

Ante la problemática expuesta, donde la selección adecuada de un material depende de características esenciales que aseguren su durabilidad y desempeño clínico conforme a estándares internacionales como la norma ISO 4049 (8), se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la diferencia entre la resistencia flexural de tres resinas, nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT), fluidas de alta carga Universal Flow (PALFIQUE) y Bulk fill (AURA) en un estudio in vitro?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Comparar la resistencia flexural de las tres resinas: nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT), fluida de alta carga Universal Flow (PALFIQUE) y Bulk fill (AURA).

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la resistencia flexural individual de la resina nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350XT).

Determinar la resistencia flexural de la resina fluida de alta carga Universal Flow (PALFIQUE).

Determinar la resistencia flexural de la resina Bulk fill (AURA).

1.4. JUSTIFICACIÓN

La relevancia teórica de esta investigación radicó en su profundización sobre cómo la composición y categoría de las resinas compuestas impactaban directamente en su resistencia flexural. A pesar de su amplio uso en odontología, existía una necesidad de comprender de manera más rigurosa las propiedades mecánicas de las resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y bulk-fill. La comparación detallada de estos materiales contribuyó a la base de conocimiento de la odontología restauradora, sirviendo como una referencia valiosa para la literatura académica y la formación de futuros profesionales.

Desde una perspectiva científica, este estudio fue fundamental porque generó datos experimentales sólidos a través de una metodología *in vitro* rigurosa que cumplió con la norma ISO 4049. Al controlar variables que eran complejas de aislar en un entorno clínico, la investigación estableció un criterio objetivo para evaluar la capacidad de los materiales para soportar cargas. Los resultados de esta comparativa proporcionaron una base científica para guiar la toma de decisiones clínicas y sentar las bases para futuros estudios que correlacionaran las propiedades del material con su rendimiento a largo plazo en la cavidad oral.

A nivel social, el impacto de esta investigación residió en la mejora potencial de la atención odontológica. Al proporcionar a los profesionales una comprensión más clara de la resistencia flexural de los diferentes tipos de resinas, se facilitó la selección del material más adecuado para cada situación clínica. Esto no solo promovió restauraciones más duraderas y con una menor tasa de fallos, beneficiando directamente la salud de los pacientes, sino que también optimizó el uso de los recursos en salud al reducir la necesidad de retratamientos.

1.5. Definición de términos básicos

Resistencia flexural: Se definió como la propiedad o capacidad máxima de un material para soportar una carga antes de su fractura. En el contexto de las resinas dentales para piezas posteriores, esta fue una de las propiedades mecánicas importantes a considerar conforme a estándares como la norma ISO 4049 (8).

Resinas nanohíbridas: Materiales que combinaron partículas de relleno micro y nanométricas, lo que repercutió directamente en sus propiedades al conferirles alta resistencia a la compresión y estabilidad cromática (6).

Resinas bulk-fill: Diseñadas para colocarse en incrementos de hasta 5 mm, lo que representó una ventaja significativa al reducir el tiempo clínico, debiendo cumplir con la norma ISO 4049 respecto a la resistencia a la flexión (7).

Resinas fluidas de alta carga: Materiales que incorporaron un mayor porcentaje de relleno inorgánico en comparación con las fluidas convencionales, lo que mejoró notablemente sus propiedades mecánicas (7).

Efecto camaleón: Fenómeno en el cual la restauración se mimetiza con los tejidos circundantes de manera prácticamente imperceptible gracias a la integración cromática y grados de opacidad (2).

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Suryawanshi y Behera (9) en su estudio titulado "*Flexural Strength of Dental Resins*", se plantearon como objetivo identificar los desafíos en la comprensión y medición de la resistencia flexural. Su metodología consistió en una revisión exhaustiva de diversos protocolos de ensayo, evaluando factores como el porcentaje y tamaño de las partículas de relleno inorgánico y la composición de la matriz resinosa. Como resultados, identificaron que la variabilidad en los valores de resistencia depende directamente del grado de conversión del material y la homogeneidad de la carga. En su conclusión, subrayaron que el uso de protocolos estandarizados, específicamente los de la norma ISO 4049 para

pruebas de flexión de tres puntos, es esencial para generar información robusta y permitir un contraste efectivo de resultados entre diferentes marcas comerciales.

Opdam et al. (7) realizaron un metaanálisis internacional con el objetivo de evaluar la longevidad de las restauraciones de composite en el sector posterior a largo plazo. La metodología incluyó el seguimiento clínico de múltiples bases de datos de pacientes con restauraciones de resina durante varios años. Los resultados revelaron que la fractura del material y las caries secundarias son las causas predominantes de falla. En su conclusión, determinaron que la fractura es una razón principal de falla catastrófica, lo que resalta la necesidad crítica de seleccionar materiales con propiedades mecánicas superiores, como una alta resistencia flexural, para asegurar que la restauración soporte las cargas oclusales sin romperse.

La norma ISO 4049 (8) actúa como el antecedente normativo internacional de referencia. Su objetivo es establecer los requisitos y métodos de ensayo para materiales de obturación a base de polímeros. Su metodología estipula el uso de especímenes con dimensiones precisas (25x2x2 mm) sometidos a una prueba de flexión de tres puntos con una velocidad de carga constante. Los resultados que exige la norma definen los valores mínimos de resistencia (80 MPa para resinas de restauración oclusal) para garantizar la seguridad del paciente. Su conclusión principal es que cualquier material destinado a soportar cargas

masticatorias debe validar su desempeño mediante este estándar para asegurar su durabilidad clínica conforme a parámetros internacionales.

2.1.2. Nacionales

Sulca (10), en su investigación titulada "Resistencia flexural de las resinas fluida convencional, fluida bulk fill y fluida de alta carga: estudio in vitro", se plantearon como objetivo comparar la resistencia flexural de estos tres tipos de resinas compuestas. La metodología consistió en un estudio experimental donde se confeccionaron 60 especímenes (20 por grupo) siguiendo la norma ISO 4049, los cuales fueron sometidos a una prueba de flexión de tres puntos en una máquina de ensayos universales a una velocidad de 0.5 mm/min. Los resultados mostraron que la resina fluida de alta carga obtuvo los valores de resistencia más elevados (promedio de 124.58 MPa), superando significativamente a la resina fluida convencional y a la bulk fill. En su conclusión, los autores determinaron que el mayor contenido de relleno inorgánico en las resinas de alta carga mejora sustancialmente sus propiedades mecánicas, siendo una alternativa viable para restauraciones con requerimientos biomecánicos exigentes.

Cruz (11), en su tesis titulada "Comparación de la resistencia flexural de una resina nanohíbrida y una resina tipo Bulk Fill", tuvo como objetivo contrastar la capacidad de resistencia de estos dos materiales en un estudio in vitro. La metodología empleada consistió en la preparación de bloques de resina estandarizados que fueron evaluados mediante ensayos de carga hasta la

fractura. Los resultados destacados en su estudio indicaron que la resina nanohíbrida presentó un comportamiento superior frente a las fuerzas de flexión en comparación con la resina de tipo bulk fill. La investigación concluyó que la configuración estructural de las resinas nanohíbridas permite una mejor distribución de las tensiones, consolidándose como el criterio de elección para restauraciones en el sector posterior donde las fuerzas masticatorias son más intensas.

2.1.3. Locales

Cristóbal (12), en su tesis realizada en la Universidad Privada de Tacna titulada "Estudio experimental de la profundidad de fotopolimerización de tres marcas de resinas compuestas modificando la distancia de la fuente de luz (halógena) utilizando la norma ISO 4049: 2009", se planteó como **objetivo** determinar cómo la variación en la distancia de la punta de la lámpara de fotocurado influye en la profundidad de polimerización de tres marcas de resina. La **metodología** fue un estudio de tipo experimental e in vitro, donde se evaluaron 90 especímenes de resinas nanohíbridas y microhíbridas, utilizando moldes metálicos de acuerdo con los parámetros de la norma ISO 4049, variando las distancias de la luz a 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm y 5 mm. Como **resultados** principales, se observó que a una distancia de 1 mm y con un tiempo de 20 segundos, la resina nanohíbrida (Tetric N-Ceram) alcanzó una profundidad de 5.1 mm, mientras que a una distancia de 5 mm, esta profundidad se redujo significativamente a 3.8 mm. La investigación **concluyó** que la distancia de la fuente de luz es un factor crítico que

afecta directamente la dureza y la integridad estructural del material, validando que el cumplimiento estricto de los protocolos de la norma ISO 4049 es indispensable en el entorno clínico local para asegurar que la restauración alcance las propiedades mecánicas necesarias para resistir las cargas en boca.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Variable Independiente: Tipo de Resina Compuesta

Las resinas compuestas son materiales sintéticos formados por la integración de fases orgánica e inorgánica, cuya cohesión es lograda mediante un agente de acoplamiento. Su evolución desde las macropartículas hasta la nanotecnología ha permitido su aplicación universal, especialmente en el sector posterior donde las exigencias mecánicas son extremas (13, 14).

Dimensión 1: Resina Nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT) La resina Filtek™ Z350 XT representa la evolución de las resinas de restauración universal. Su estructura se basa en una tecnología de nanorelleno exclusiva que combina nanómetros de sílice (20 nm) y nanoclusters de circonio/sílice (0.6 a 10 micras) (15, 16). Esta arquitectura permite una carga inorgánica de aproximadamente el 78.5% en peso. La ventaja biomecánica de este sistema radica en que los nanoclusters se desgastan a un ritmo similar a la matriz circundante, manteniendo una superficie lisa y minimizando la concentración de tensiones en la interfase (17). Al poseer una matriz compuesta por Bis-GMA, UDMA, TEGDMA y PEGDMA, logra un equilibrio entre rigidez y reducción de la contracción, lo que se traduce en una alta resistencia a la fractura bajo cargas oclusales (18).

Dimensión 2: Resina Fluida de Alta Carga (Universal Flow,

PALFIQUE) Las resinas fluidas de alta carga (Highly Filled Flowable) han transformado el concepto de los materiales de baja viscosidad. El sistema PALFIQUE utiliza tecnología de relleno esférico supra-nanométrico monodisperso de sílice-zirconia, con un tamaño de partícula de 200 nm (19). A diferencia de las resinas fluidas convencionales que suelen tener un 40-50% de relleno, este sistema alcanza niveles cercanos al 70%, permitiéndole exhibir propiedades mecánicas competitivas con las resinas de consistencia "pasta" (20, 21). Su fluidez no es sinónimo de debilidad; por el contrario, su capacidad para "mojar" las paredes cavitarias asegura una adaptación marginal perfecta, eliminando las burbujas de aire que suelen actuar como puntos de inicio de fracturas flexurales (22).

Dimensión 3: Resina Bulk Fill (AURA) La resina AURA pertenece a la categoría de materiales de inserción masiva (Bulk Fill), diseñados para ser colocados en capas de hasta 4 mm de espesor sin comprometer la polimerización basal (23). Este material utiliza moduladores de estrés y una matriz de resina optimizada con monómeros de baja contracción para manejar las tensiones generadas durante el curado en bloque (24). Su diseño busca reducir el factor C (factor de configuración de la cavidad) y el tiempo de sillón. Sin embargo, su translucidez aumentada, necesaria para que los fotones de luz alcancen las capas profundas, obliga a una configuración de relleno específica que debe ser evaluada frente a las cargas de flexión, ya que una menor opacidad puede estar vinculada a variaciones en la densidad del relleno cerámico (9, 23).

2.2.2. Variable Dependiente: Resistencia Flexural

La resistencia flexural es la medida de la capacidad de un material para resistir fuerzas de flexión y tracción antes de llegar a su punto de ruptura catastrófica (9). Es el indicador más fiel de la integridad de una restauración en el sector posterior (7).

Dimensión 1:

Biomecánica y Dinámica de Falla En la cavidad oral, las fuerzas de masticación no son constantes ni unidireccionales. Las restauraciones sufren fuerzas de compresión en el punto de contacto oclusal y fuerzas de tracción en la base de la cavidad (9). Si la resina no posee una resistencia flexural adecuada, se producen microgrietas que se propagan rápidamente a través de la matriz polimérica (22). Factores como la tenacidad a la fractura y el módulo de elasticidad determinan si la resina actuará como un cuerpo rígido o si podrá deformarse ligeramente para acompañar la flexión de las cúspides dentarias sin despegarse (2, 22). La longevidad de la restauración está, por tanto, directamente ligada a que el material supere los límites de fatiga impuestos por el ciclo masticatorio (20, 22).

Dimensión 2:

Estandarización Metodológica (ISO 4049 y ODEME OM 150) La Norma ISO 4049 (8) establece el protocolo internacional para validar estos materiales. Para resinas destinadas a áreas oclusales, se exige una resistencia flexural mínima de 80 MPa. El ensayo de flexión de tres puntos es el estándar de oro, utilizando varillas de

25x2x2 mm. En esta investigación, la precisión de los datos recae en el uso de la Máquina Universal de Ensayos (ODEME OM 150), que permite aplicar una carga puntual con una celda de carga calibrada a una velocidad de 0.5 mm/min, garantizando la reproducibilidad del experimento (23).

2.2.3. Factores Críticos en la Interacción de Variables

Grado de Conversión y Polimerización: La lámpara I-LED (2500mW/cm²) asegura una alta irradiancia, pero un tiempo de exposición incorrecto puede dejar dobles enlaces de carbono sin reaccionar. Estos monómeros residuales debilitan la red de polímeros, actuando como plastificantes que reducen drásticamente la resistencia flexural (24).

Influencia de la Distancia de Luz (Evidencia Local): Como se describe en estudios realizados en la UPT (25), la distancia entre la punta de la lámpara y la resina es crítica. A mayor distancia, disminuye la profundidad de curado, lo que genera una base de resina "blanda" o mal polimerizada que fallará ante la primera carga flexural significativa (25).

Ambiente Oral y Degradación Hidrolítica: El almacenamiento en suero durante 48 horas busca estabilizar la matriz. Sin embargo, la absorción de agua puede expandir el material y atacar la interfase silano-relleno, un fenómeno que puede disminuir la resistencia flexural si el agente de acoplamiento no es estable (24).

CAPÍTULO III HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general:

H0: No existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT, la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill AURA en un estudio in vitro.

H1: Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT, la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill AURA en un estudio in vitro.

3.1.2. Hipótesis específicas:

H0₁: No existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT en comparación con la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill AURA. H1₁: Existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT en comparación con la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill AURA.

H0₂: No existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE en comparación con la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT y la resina Bulk Fill AURA.

H₁₂: Existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE en comparación con la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT y la resina Bulk Fill AURA.

H₀₃: No existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina Bulk Fill AURA en comparación con la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT y la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE.

H₁₃: Existe diferencia significativa en la resistencia flexural de la resina Bulk Fill AURA en comparación con la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT y la resina fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE.

3.2 Operacionalización de variables

La investigación consideró dos variables principales:

Variable independiente: Tipo de resina compuesta.

- Resina nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT).
- Resina fluida de alta carga (Universal Flow, PALFIQUE).
- Resina Bulk Fill (AURA).

Esta variable se midió en escala nominal (clasificación por tipo de resina).

Variable dependiente: Resistencia flexural de las resinas compuestas.

Indicador: Valores de resistencia a la flexión expresados en megapascales (MPa),

obtenidos mediante ensayo de flexión en tres puntos.

Instrumento de medición: Máquina universal de ensayos ODEME (modelo OM 150).

Escala de medición: Razón, correspondiente a una variable cuantitativa continua.

Variable	Definición Conceptual	Definición		Dimensiones	Indicadores	Valor Final (Categorías / Escala)
		Operacional				
Independiente: Tipo de Resina Compuesta	Según Suryawanshi y Behera (2022), son materiales de restauración dental compuestos por una fase orgánica polimérica y una fase de refuerzo inorgánico, cuya interacción mediante un agente de acoplamiento determina su desempeño físico (9).	Clasificación de los materiales dentales según su tecnología de relleno inorgánico	Tecnología de relleno y y	1. Resina Nanohíbrida. 2. Resina Fluida de alta carga. 3. Resina Bulk Fill.		Nominal:- 3M™ Filtek™ Z350 XT.- PALFIQUE Universal Flow.- AURA (SDI).
Dependiente: Resistencia Flexural	Según Sulca (2023), es la capacidad máxima que posee un material para resistir la ruptura o deformación plástica al ser sometido a tensiones de flexión (14).	Valor de esfuerzo máximo registrado en el momento de la falla estructural del espécimen (25x2x2 mm) mediante una carga de tres puntos.	Propiedades mecánicas biomecánicas	1. Máquina universal de ensayos. 2. Carga de ruptura registrada en Mega Pascales (MPa).		De Razón:Rango numérico obtenido de 0 a n MPa.

3.3. Instrumentación y Protocolo de Medición

Para la obtención de los valores finales declarados en la operacionalización, se establecen los siguientes parámetros técnicos obligatorios:

Instrumento de Medición: Máquina Universal de Ensayos ODEME (Modelo OM 150), equipada con una celda de carga calibrada para ensayos de flexión.

Unidad de Análisis: Especímenes de resina estandarizados de 25 mm x 2 mm x 2 mm, fabricados bajo las directrices de la Norma ISO 4049 (8).

Fuente de Energía Lumínica: Lámpara de fotopolimerización I-LED con una irradiancia constante de 2500mW/cm², verificada mediante radiómetro.

Procedimiento Estadístico: Los datos resultantes de la escala de razón serán procesados mediante estadística inferencial (ANOVA de un factor y Post-hoc de Tukey) para

determinar la existencia de diferencias significativas según el nivel de confianza establecido ($\alpha=0.05$).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación se define como un estudio de **diseño experimental *in vitro***. En este modelo, se manipuló de manera deliberada y controlada la variable independiente (tipo de resina compuesta) para observar y cuantificar su efecto directo sobre la variable dependiente (resistencia flexural) dentro de un entorno de laboratorio estandarizado. Este diseño permitió la máxima neutralización de variables intervinientes y la reducción de factores externos, garantizando la validez interna mediante la estandarización rigurosa de los procedimientos de confección y medición (21).

Asimismo, la investigación es de tipo:

Comparativo: Debido a que el propósito central es contrastar el comportamiento mecánico de tres tecnologías de resinas (nanohíbrida, fluida de alta carga y Bulk Fill) bajo las mismas condiciones de ensayo.

Prospectivo: Ya que los datos se generaron específicamente para este estudio a partir de la creación y fractura de los especímenes.

Transversal: Puesto que la recolección de la información y la medición de la resistencia flexural se realizó en un único momento, tras concluir el periodo de almacenamiento de 48 horas (21).

4.2. **Ámbito de estudio**

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en el entorno controlado de un laboratorio dental especializado. Las condiciones ambientales (temperatura y humedad) se mantuvieron constantes para evitar alteraciones en el proceso de polimerización y estabilización de los materiales. Para la ejecución de las pruebas mecánicas, se utilizó la **Máquina Universal de Ensayos ODEME (modelo OM 150)** y la fotopolimerización se realizó con una lámpara **I-LED Woodpecker (2500 mW/cm²)**, asegurando que todos los procedimientos se ajustaran a las normativas internacionales de seguridad y precisión técnica.

4.3. **Población y muestra**

Población: Estuvo constituida por la totalidad de varillas rectangulares de resina compuesta que pudieran ser confeccionadas bajo los parámetros de la norma ISO 4049.

Muestra: Se determinó un tamaño muestral de **33 especímenes** en total. El cálculo se realizó mediante el software **G*Power versión 3.1.9.7**, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) de efectos fijos, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, una potencia estadística de 0.80 y un tamaño del efecto de 0.59 (22).

Distribución de grupos: La muestra se dividió de forma equitativa en tres grupos experimentales (n = 11 por grupo):

- **Grupo 1:** 3M™ Filtek™ Z350 XT (Resina nanohíbrida).
- **Grupo 2:** PALFIQUE Universal Flow (Resina fluida de alta carga).
- **Grupo 3:** AURA - SDI (Resina Bulk Fill).

4.4. Criterios de selección

4.4.1. Criterios de inclusión

Se incluyeron en el estudio únicamente los especímenes que cumplieron con los siguientes requisitos:

Varillas rectangulares con dimensiones exactas de 25 mm x 2 mm x 2 mm, verificadas con calibrador digital.

Especímenes con superficie totalmente homogénea, lisa y con ausencia de porosidades o burbujas visibles al examen macroscópico.

Muestras elaboradas con un único tono (A2) para estandarizar la traslucidez y el grado de conversión.

Varillas confeccionadas estrictamente bajo el protocolo de fotopolimerización recomendado por el fabricante para cada marca comercial.

4.4.2. Criterios de exclusión

Se procedió a descartar y reemplazar aquellos especímenes que presentaron:

Fracturas, fisuras o desprendimientos de material ocurridos durante el proceso de desmolde.

Irregularidades superficiales (rebabas o depresiones) que no pudieron ser corregidas mediante el pulido estándar con discos Sof-Lex.

Variaciones cromáticas o zonas de opacidad inusual que sugirieran una polimerización incompleta o contaminación accidental del material.

4.4 Técnica y fuente de recolección de datos

4.4.1 Técnica

La técnica empleada para la obtención de los datos fue la **observación experimental directa**. Esta técnica es la idónea para estudios *in vitro*, ya que permite al investigador registrar de manera objetiva y en tiempo real el comportamiento de los especímenes bajo condiciones de carga controladas (23).

El proceso de recolección se activó mediante la interacción mecánica entre la Máquina Universal de Ensayos y cada una de las 33 varillas de resina. La observación se centró en el punto de falla estructural (fractura catastrófica), momento en el cual se capturó la fuerza máxima aplicada, eliminando cualquier sesgo de interpretación subjetiva.

4.4.2 Instrumentos

Para el registro sistemático de la información se diseñó y utilizó una **Ficha de Recolección de Datos**, la cual constituye el instrumento principal de la investigación (ver Anexo: Ficha de Recolección de Datos). Este instrumento fue estructurado de forma matricial para asegurar que cada variable y dimensión declarada en la operacionalización fuera debidamente consignada.

La ficha de recolección está estructurada en tres secciones críticas:

Identificación y Control: Incluye el número correlativo de la muestra (1 al 33) y la asignación al grupo experimental correspondiente (Grupo 1: Z350 XT, Grupo 2: PALFIQUE, Grupo 3: AURA).

Parámetros de Estandarización: Contiene columnas para verificar las dimensiones físicas de cada varilla antes del ensayo (ancho y espesor en mm) y la distancia fija entre los soportes (20 mm), garantizando que todos los especímenes cumplan con la **Norma ISO 4049**.

Resultados Mecánicos: Espacio destinado para la transcripción de los datos arrojados por el software de la máquina de ensayos:

Fuerza Máxima: Expresada en Newtons (N).

Resistencia Flexural: Calculada y expresada en MegaPascales (MPa).

Este instrumento permite la transición de los datos desde el entorno físico del laboratorio hacia el software estadístico (SPSS v.25), asegurando la trazabilidad de cada espécimen desde su confección hasta el análisis de las hipótesis (24).

CAPÍTULO V: PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1. Procedimiento de recojo de datos

Para garantizar la reproducibilidad del estudio y minimizar el sesgo del operador, la recolección de datos se dividió en las siguientes fases secuenciales y estandarizadas:

Fase 1: Preparación y estandarización de moldes

Se utilizaron moldes de polimetilmetacrilato (PMMA) mecanizados mediante tecnología computarizada para asegurar cavidades exactas de **25 mm x 2 mm x 2 mm**. Antes de cada inserción, el molde fue limpiado con alcohol isopropílico y se aplicó una capa mínima de vaselina sólida como agente aislante, facilitando el desmolde sin generar tensiones previas en el espécimen.

Fase 2: Confección de los especímenes y fotopolimerización

El material fue transportado al molde mediante espátulas de teflón para evitar la contaminación por iones metálicos.

Para la **resina nanohíbrida (Z350 XT)** y la **Bulk Fill (AURA)**, se aplicó la técnica incremental (2 capas de 1 mm o incrementos según norma), compactando el material para eliminar burbujas de aire.

Para la **resina fluida de alta carga (PALFIQUE)**, se utilizó su punta aplicadora para un llenado continuo, minimizando la incorporación de vacíos. La polimerización se realizó con la lámpara I-LED (2500 mW/cm²) en contacto directo con una matriz de poliéster para obtener una superficie lisa. Cada grupo recibió el tiempo de exposición exacto indicado por el fabricante (20 a 40 segundos según el material).

Fase 3: Almacenamiento y estabilización

Una vez desmoldadas, las 33 varillas fueron inspeccionadas bajo lupa estereoscópica para descartar porosidades. Los especímenes aprobados se sumergieron en recipientes herméticos con suero fisiológico a temperatura ambiente (23°C ± 2°C) durante un periodo de 48 horas. Este paso es crítico para permitir la higroscopía inicial y la estabilización de la red polimérica antes del ensayo mecánico (24).

Fase 4: Ensayo mecánico en la Máquina Universal

Cada espécimen fue secado y posicionado en el dispositivo de flexión de tres puntos de la Máquina Universal ODEME OM 150. Los soportes inferiores se fijaron a una distancia de 20 mm. Se aplicó una carga vertical centralizada mediante un vástago de acero a una velocidad constante de 0.5 mm/min. El software de la máquina registró el valor de carga en Newtons (N) en el instante preciso de la fractura. Posteriormente, mediante la fórmula de resistencia flexural de la Norma ISO 4049, se transformaron estos valores a MegaPascales (MPa) para su registro final en la ficha de recolección.

5.2. Consideraciones éticas

La presente investigación titulada: “Resistencia flexural de tres resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y bulk fill – Estudio *in vitro*” con protocolo de investigación N° PI 163-25 fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud (CEI-FACSA) y notificada mediante documento N° FACSA-CEI/163-09-2025 (Anexo 01).

Esta investigación se rige bajo los principios de **integridad científica** y las normas éticas para estudios experimentales *in vitro*:

Objetividad y Veracidad: Los datos obtenidos de la máquina ODEME fueron registrados fielmente sin alteraciones. Los valores "outliers" o atípicos fueron analizados estadísticamente pero no eliminados arbitrariamente, garantizando la transparencia de los hallazgos.

Uso de Materiales: Se utilizaron materiales dentales comerciales (3M, Tokuyama, SDI) dentro de su periodo de vigencia (fecha de caducidad), respetando las normas de bioseguridad en el manejo de polímeros y desechos químicos de laboratorio.

No maleficencia: Al ser un estudio estrictamente de laboratorio que no involucra seres humanos ni animales, el riesgo biológico es inexistente. Sin embargo, se garantizó la seguridad del operador mediante el uso de barreras de protección durante la manipulación de la lámpara de alta potencia y el equipo de fractura.

Propiedad Intelectual: Se ha respetado el derecho de autor mediante la citación rigurosa de los antecedentes y las bases teóricas utilizadas, siguiendo el estilo de redacción científica de la Escuela Profesional de Odontología de la UPT.

RESULTADOS

Análisis de Normalidad

Con el propósito de determinar el tipo de prueba estadística pertinente para la contrastación de la hipótesis, se procedió a evaluar la distribución de los datos de la variable resistencia flexural en los tres grupos de estudio: resina nanohíbrida (Z350 XT), resina fluida de alta carga (Palfique) y resina Bulk Fill (Aura).

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, dado que el tamaño de la muestra por grupo fue menor a 50 ($n=11$). Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Tabla 1: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la resistencia flexural según el tipo de resina

Pruebas de normalidad						
GRUPO	Estadístico	v-Smirnov	a			
			Estadístico	gl	Sig.	Sig.

RESISTENCIA_FLEXURAL	Nanohíbrida FILTEK Z350 XT	,208	11	,200*	,901	11	,191
RESISTENCIA_FLEXURAL	Fluida Alta Carga (PALFIQUE)	,150	11	,200*	,964	11	,819
RESISTENCIA_FLEXURAL	Bulk Fill (AURA)	,144	11	,200*	,952	11	,666

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recolectados.

De acuerdo con los resultados observados en la Tabla, se obtuvo un p-valor (Sig.) de 0,191 para la resina nanohíbrida, 0,819 para la resina fluida de alta carga y 0,666 para la resina Bulk Fill. Dado que todos los valores de significancia son mayores a 0.05 ($p > 0.05$), se acepta la hipótesis nula de normalidad. Por consiguiente, se determinó el uso de pruebas paramétricas (ANOVA de un factor) para el análisis inferencial. Además, se ha podido obtener histogramas que representan el comportamiento gráfico de los datos:

Análisis Descriptivo de la Resistencia Flexural

Antes de realizar la comparación inferencial, se evaluó el comportamiento descriptivo de la resistencia flexural en los tres grupos experimentales. Se observó la distribución de los datos, identificando la media, la mediana y las medidas de dispersión (desviación estándar, varianza, valores mínimos y máximos) para cada material de forma individual.

1. Comportamiento de la Resina Nanohíbrida (FILTEK Z350 XT)

Tabla 2: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Nanohíbrida

Estadístico	Valor (MPa)
N (Muestra)	11
Media	92.24
Mediana	83.7
Desviación Estándar	24.73
Varianza	611.61

Mínimo	60.75
Máximo	131.95

Como se observa en la Tabla, la resina nanohíbrida FILTEK Z350 XT presentó el promedio más alto del estudio (92.24 MPa). Sin embargo, también exhibió la mayor dispersión en sus datos, evidenciada por una desviación estándar de 24.73 MPa y un rango muy amplio entre su valor mínimo de ruptura (60.75 MPa) y su valor máximo (131.95 MPa).

2. Comportamiento de la Resina Fluida de Alta Carga (PALFIQUE)

Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Fluida de Alta Carga

Estadístico	Valor (MPa)
N (Muestra)	11
Media	74.67
Mediana	79.29
Desviación Estándar	17.36
Varianza	301.3
Mínimo	47.95
Máximo	102.82

En la tabla se detallan los resultados de la resina fluida de alta carga PALFIQUE, la cual registró la media más baja de los tres grupos (74.67 MPa). Su comportamiento mostró una dispersión moderada, con una desviación estándar de 17.36 MPa. Es importante notar que su mediana (79.29 MPa) se encuentra ligeramente por encima de su media, lo que indica que la mayoría de los especímenes soportaron cargas cercanas a los 80 MPa, a pesar de tener un valor mínimo registrado de 47.95 MPa.

3. Comportamiento de la Resina Bulk Fill (AURA)

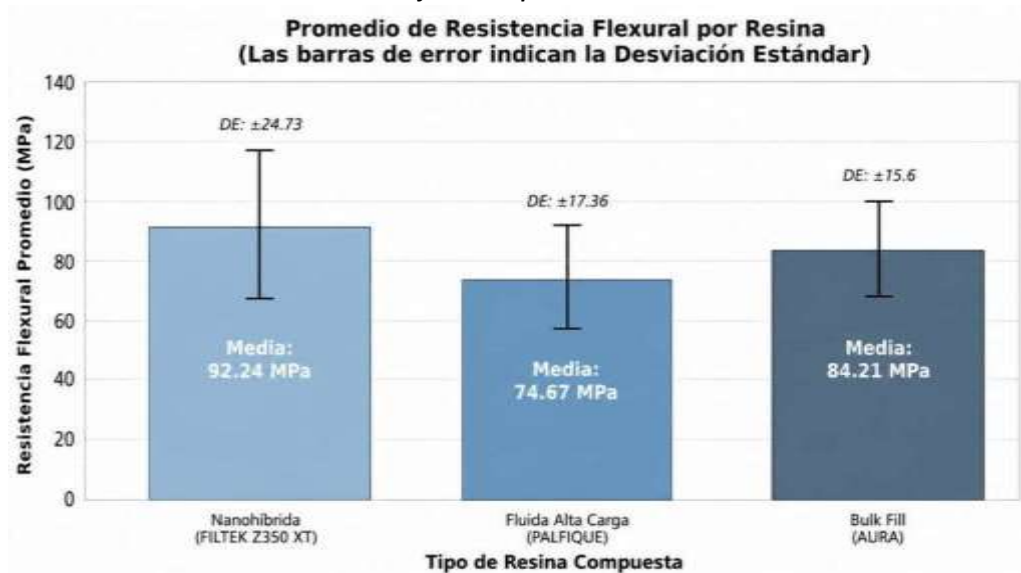
Tabla 4: Estadísticos descriptivos de la resistencia flexural para la resina Bulk Fill

Estadístico	Valor (MPa)
N (Muestra)	11

Media	84.21
Mediana	84.21
Desviación Estándar	15.6
Varianza	243.45
Mínimo	54.43
Máximo	105.03

La tabla anterior, muestra que la resina Bulk Fill AURA obtuvo una media de 84.21 MPa. El aspecto más destacable de este material es su alta homogeneidad estructural; presentó la menor variabilidad del estudio, con una desviación estándar de apenas 15.60 MPa. Además, su media y su mediana son exactamente iguales (84.21 MPa), lo que demuestra un comportamiento mecánico sumamente predecible y estable ante las fuerzas de flexión.

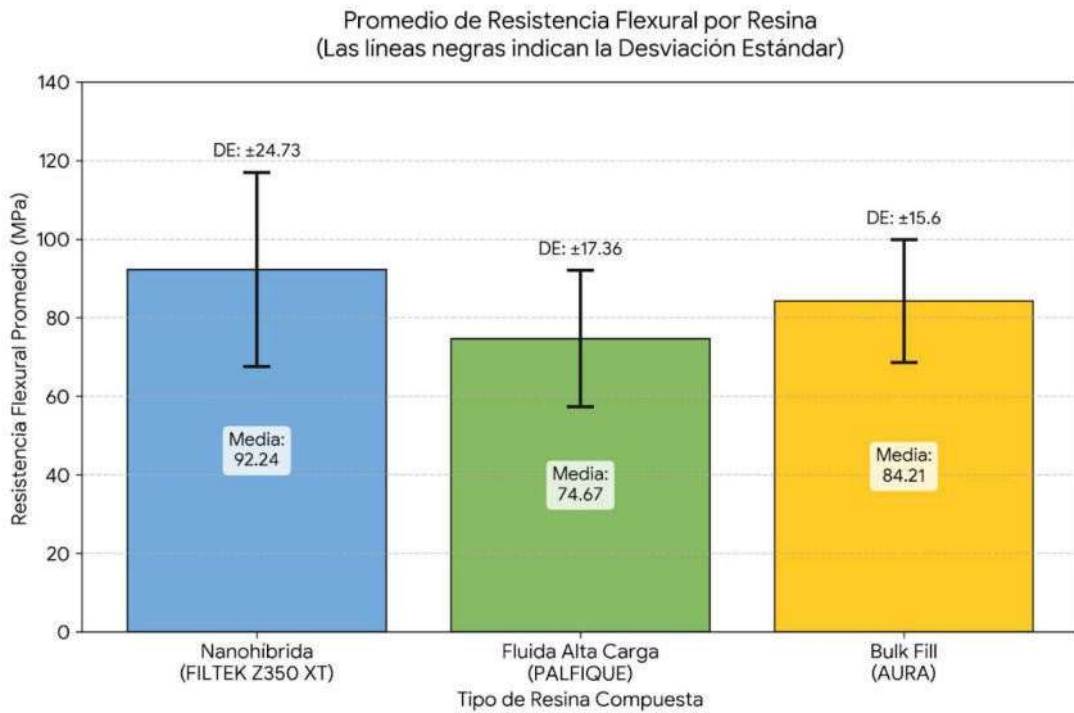
Ilustración 1: Promedio de resistencias flexurales por resina



La resina nanohíbrida (Z350 XT) presentó la mayor variabilidad y dispersión en sus valores de resistencia a la fractura, evidenciada por la caja más alargada. Por el contrario,

la resina Bulk Fill (AURA) mostró el comportamiento estructural más homogéneo y estable de los tres materiales evaluados.

Ilustración 2: Barras Promedio de resistencias flexurales por resina



La resina nanohíbrida alcanzó la media más alta del estudio (92.24 MPa), seguida por la resina Bulk Fill (84.21 MPa) y la fluida de alta carga (74.67 MPa).

Las barras de error muestran la alta desviación estándar del grupo nanohíbrido (± 24.73 MPa); esta superposición de dispersión entre las muestras explica por qué no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el análisis de varianza (ANOVA).

Análisis Inferencial y Contrastación de Hipótesis

Para determinar si existen diferencias significativas en la resistencia flexural entre los tres grupos de resinas compuestas, se procedió a aplicar la prueba paramétrica de Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor.

Tabla 5: Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
RESISTENCIA_FLEXURAL_MPA	Se basa en la media	2,697	2	30	,084
	Se basa en la mediana	1,446	2	30	,252
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,446	2	24,142	,255
	Se basa en la media recortada	2,639	2	30	,088

Previamente, se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Como se observa en el análisis previo, se obtuvo un valor de significancia de **0.084** ($p > 0.05$), lo que indica que las varianzas son homogéneas y valida el uso del ANOVA.

Tabla 6: Análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia flexural

ANOVA					
RESISTENCIA_FLEXURAL_MPA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1702,400	2	851,200	2,208	,127
Dentro de grupos	11563,665	30	385,455		
Total	13266,065	32			

Fuente: Elaboración propia en base a los datos recolectados (SPSS v.25).

Interpretación y Contrastación de Hipótesis:

Para la toma de decisión estadística, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

- **Hipótesis Nula (H0):** No existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre las resinas nanohíbrida (Z350 XT), fluida de alta carga (Palfique) y Bulk Fill (Aura). ($\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$)
- **Hipótesis Alterna (H1):** Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre las resinas nanohíbrida (Z350 XT), fluida de alta carga (Palfique) y Bulk Fill (Aura). ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$)

Regla de decisión:

- Si el valor p (Sig.) < 0.05, se rechaza la H0 y se acepta la H1.
- Si el valor p (Sig.) \geq 0.05, no se rechaza la H0.

Decisión Estadística:

Al analizar la Tabla 3, se obtuvo un estadístico de prueba $F = 2.208$ con un valor de probabilidad (p-valor) de 0.127.

Dado que $p = 0.127 > 0.05$, no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Nula (H0) y se rechaza la Hipótesis Alterna (H1).

Conclusión de la contrastación de hipótesis:

Se concluye estadísticamente que la resistencia flexural es similar entre los tres grupos de estudio; es decir, no existen diferencias significativas entre la resina nanohíbrida, la resina fluida de alta carga y la resina Bulk Fill.

Comparaciones Múltiples (Post Hoc)

A modo de confirmación, se realizó la prueba Post Hoc de Tukey HSD para evaluar las diferencias, par a par.

Tabla 7: Tabla de comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: RESISTENCIA_FLEXURAL_MPA						
HSD Tukey						
(I) GRUPO	(J) GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Nanohíbrida FILTEK Z350 XT	Fluida Alta Carga (PALFIQUE)	17,5717455	8,3715480	,107	-3,066391	38,209882
	Bulk Fill (AURA)	8,0303364	8,3715480	,608	-12,607800	28,668473
Fluida Alta Carga (PALFIQUE)	Nanohíbrida FILTEK Z350 XT	-17,5717455	8,3715480	,107	-38,209882	3,066391
	Bulk Fill (AURA)	-9,5414091	8,3715480	,498	-30,179546	11,096728
Bulk Fill (AURA)	Nanohíbrida FILTEK Z350 XT	-8,0303364	8,3715480	,608	-28,668473	12,607800

Fluida Alta Carga (PALFIQUE)	9,5414091	8,3715480	,498	-11,096728	30,179546
------------------------------------	-----------	-----------	------	------------	-----------

En la tabla de comparaciones múltiples (Post Hoc de Tukey HSD) se observa el análisis detallado de las diferencias entre pares de grupos. Los resultados confirman que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los materiales evaluados, ya que en todos los cruces el valor de significancia (Sig.) fue superior a 0.05 ($p > 0.05$).

Específicamente:

- Al comparar la resina Nanohíbrida (Z350 XT) con la Fluida de Alta Carga (Palfique), se encontró una diferencia de medias de 17.57 MPa; sin embargo, esta no fue significativa ($p=0.107$).
- La comparación entre la resina Nanohíbrida y la Bulk Fill (Aura) mostró la menor diferencia de medias (8.03 MPa), con una significancia de $p=0.608$.
- Finalmente, entre la resina Fluida de Alta Carga y la Bulk Fill, la diferencia fue de -9.54 MPa, con una significancia de $p=0.498$.

Estos hallazgos ratifican el resultado del ANOVA, demostrando que la resistencia flexural es estadísticamente homogénea entre los tres tipos de resinas estudiadas.

Al realizar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD, se evaluaron las diferencias específicas entre los pares de resinas. Los resultados indican que no

existen diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos evaluados, dado que todos los valores de significancia (Sig.) fueron superiores a 0.05 ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la resistencia flexural de tres tipos de resinas compuestas: una nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT), una fluida de alta carga (Palfique) y una resina Bulk Fill (Aura), mediante un ensayo in vitro de flexión en tres puntos.

Al analizar los resultados estadísticos, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tres grupos evaluados ($p=0.127$), aceptándose la hipótesis nula. Esto implica que, bajo las condiciones de este estudio, la resistencia a la fractura de las resinas de inserción en bloque (Bulk Fill) y las fluidas de alta carga es comparable a la de las resinas nanohíbridas tradicionales.

Este hallazgo es interesante al contrastarlo con lo reportado por **Cruz (18)**, quien en su estudio encontró una superioridad marcada de la resina nanohíbrida sobre las resinas tipo Bulk Fill. En nuestra investigación, si bien la resina nanohíbrida (Z350 XT) presentó el promedio numérico más alto (92.24 MPa), coincidiendo con la tendencia descrita por Cruz, la alta dispersión de los datos (Desviación Estándar de ± 24.73) impidió que esta diferencia fuera estadísticamente significativa frente a los otros grupos. Esto podría explicarse por la sensibilidad de la técnica incremental requerida para la resina nanohíbrida; al colocar capas de 2 mm por separado, existe un mayor riesgo de incorporar burbujas o defectos

microscópicos entre capas, lo que aumenta la variabilidad de los resultados en comparación con las resinas Bulk Fill, cuya técnica es más simplificada.

Por otro lado, nuestros resultados difieren de lo observado por **Sulca y López (14, 19)**, quienes concluyeron que las resinas fluidas de alta carga presentaban una resistencia flexural superior tanto a las fluidas convencionales como a las Bulk Fill. En nuestro estudio, la resina fluida de alta carga (Palfique) obtuvo el promedio más bajo (74.67 MPa) de los tres grupos experimentales. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en la composición específica de las marcas comerciales utilizadas o a variables en el proceso de fotopolimerización, ya que este material requiere un control estricto del tiempo de exposición para alcanzar su conversión máxima.

Al comparar los valores obtenidos con los estándares internacionales, se observa que los promedios de la resina Nanohíbrida y la Bulk Fill superaron los 80 MPa, valor de referencia frecuentemente citado en la norma **ISO 4049** para resinas destinadas a restauraciones oclusales. Sin embargo, los valores absolutos obtenidos en este estudio son inferiores a los reportados por otros autores citados en el proyecto, como Ali et al. (16) y **Rosete (10)**, quienes reportan resistencias flexurales superiores a los 110 MPa para resinas similares. Esta diferencia puede atribuirse al método de confección manual de las probetas en nuestro estudio, el cual, a diferencia de los métodos industriales o automatizados, puede introducir ligeras imperfecciones superficiales que actúan como zonas de concentración de estrés, disminuyendo la resistencia final ante la carga.

Desde un punto de vista clínico, el hecho de no encontrar diferencias significativas es un resultado positivo y relevante. Respalda la viabilidad de utilizar resinas **Bulk Fill (Aura)** en el

sector posterior para optimizar el tiempo clínico, sin que esto signifique necesariamente sacrificar la resistencia mecánica del material en comparación con una resina convencional. Asimismo, sugiere que la elección del material puede basarse más en la situación clínica específica (necesidad de fluidez o rapidez de obturación) que en una preocupación por la fragilidad del material.

Además, nuestros hallazgos pueden contextualizarse con lo reportado por **Suryawanshi y Behera (2022)**, quienes realizaron una revisión de las propiedades mecánicas de las resinas compuestas dentales y destacaron que la resistencia flexural depende tanto de la composición del material como de los factores que influyen en su manipulación y fotopolimerización. En concordancia con su análisis, la variabilidad observada en la resina nanohíbrida Z350 XT, particularmente la mayor dispersión de los valores (± 24.73 MPa), podría explicarse por la sensibilidad de la técnica incremental necesaria para su colocación. Por el contrario, la resina Bulk Fill AURA mostró mayor homogeneidad, lo que refleja la ventaja de un protocolo monoincremental más predecible, tal como señalan Suryawanshi y Behera sobre la importancia de la estandarización de los ensayos para evaluar propiedades mecánicas de resinas compuestas.

Respecto a las limitaciones del estudio, es importante reconocer:

Primero, al ser un estudio **in vitro**, no reproduce fielmente las condiciones complejas de la cavidad oral, tales como los cambios de pH, la presencia de enzimas salivales o las cargas masticatorias cíclicas y multidireccionales.

Segundo, el tamaño de muestra ($n=11$ por grupo), aunque calculado estadísticamente, puede haber limitado la capacidad de detectar diferencias pequeñas entre los materiales.

Finalmente, la confección manual de los especímenes depende de la destreza del operador, lo cual es una variable difícil de estandarizar completamente y que se reflejó en la desviación estándar de los grupos, especialmente en la resina nanohíbrida.

CONCLUSIONES

Primera: Se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en la resistencia flexural al comparar las tres resinas compuestas evaluadas: nanohíbrida, fluida de alta carga y Bulk Fill. Esto demuestra que, bajo las condiciones de este estudio in vitro, los materiales modernos de inserción en bloque y de alta fluidez han alcanzado propiedades mecánicas equiparables a las de las resinas compuestas convencionales, ofreciendo un desempeño similar ante las fuerzas de flexión.

Segunda: Respecto a la resina **Nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT)**, se determinó que posee una alta capacidad de resistencia a la flexión, alcanzando los valores promedio más elevados del estudio. No obstante, este material exhibió la mayor variabilidad en sus resultados, lo que sugiere que su desempeño mecánico puede verse influenciado por la sensibilidad de la técnica de colocación incremental y la manipulación del operador.

Tercera: En cuanto a la resina **Fluida de Alta Carga (Universal Flow, PALFIQUE)**, se observó un comportamiento mecánico estable y consistente. Aunque mostró una tendencia numérica inferior en comparación con los otros dos grupos, su resistencia se mantuvo dentro de rangos estadísticamente equivalentes, validando su uso como una alternativa confiable que combina facilidad de adaptación con una resistencia adecuada para soportar cargas oclusales.

Cuarta: La resina **Bulk Fill (AURA)** demostró un desempeño mecánico intermedio y altamente homogéneo. Se concluye que este material logra combinar eficazmente la ventaja de la simplificación clínica (inserción en grandes bloques) con una resistencia a la fractura competitiva y comparable a la de las resinas tradicionales, destacando por presentar una menor dispersión de datos y, por ende, una mayor previsibilidad en su comportamiento estructural.

RECOMENDACIONES

Respecto a la Resina Nanohíbrida (Z350 XT): Extremar el rigor en la técnica incremental y el modelado, dado que la alta dispersión de datos hallada (± 24.73 MPa) indica que su éxito mecánico depende críticamente de la destreza del operador para evitar defectos estructurales entre capas.

Respecto a la Resina Fluida de Alta Carga (PALFIQUE): Garantizar tiempos de fotopolimerización óptimos y un control estricto de la irradiancia, para asegurar que el material alcance su máxima conversión y desempeño ante cargas oclusales, al haber mostrado la media numérica más baja del estudio (74.67 MPa).

Respecto a la Resina Bulk Fill (AURA): Implementar el uso de este material en restauraciones posteriores donde se busque predictibilidad y menor riesgo de errores técnicos, debido a que su comportamiento mecánico altamente homogéneo (± 15.60 MPa) ofrece una mayor estabilidad estructural que la estratificación convencional.

Para la Escuela Profesional de Odontología (UPT): Integrar estos hallazgos en las cátedras de biomateriales para recalcar que la elección del material debe basarse en la situación clínica

específica y la técnica operatoria, ya que las tres tecnologías evaluadas ofrecen una resistencia flexural estadísticamente equivalente.

Para futuras investigaciones: Realizar estudios in vitro complementarios que incluyan protocolos de envejecimiento artificial, como el termociclado, para evaluar si la estabilidad de la resistencia flexural de estos materiales se mantiene constante frente a la degradación hidrolítica del medio oral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez GDR, Pereira SNA. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. Acta Odontol Venez. 2008 Diciembre; 46(3).
2. Batista G, Borges A, Zanatta R, Pucci CT. Esthetical Properties of Single-Shade and Multishade Composites in Posterior Teeth. Int J Dent. 2023; 2023.
3. Camacho E. Los beneficios de la resina compuesta en la odontología moderna. Camacho Dental. 2024 Noviembre.
4. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N. Tensiones de contracción generadas durante aplicaciones de resinas compuestas: una revisión. Journal of Dental Biomechanics. 2010.
5. Cilingir , Ozsoy , Eren MM, Behram , Dikmen , Ozcan. Propiedades mecánicas de los compuestos de relleno masivo frente a los nanohíbridos: efecto del espesor de la capa y protocolos de aplicación. Ciencia Odontológica Brasileña. 2019 Agosto.
6. Alshabib, A, Silkens N, Algamaiah H, Alayad A, Alawaji R, Almogbel S, et al. Effect of Fibres on Physico-Mechanical Properties of Bulk-Fill Resin Composites. Polymers (Basel). 2023; 15(16): p. 3452.
7. Opdam NJM, Van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of Posterior Composite Restorations A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Dental Research. 2014; 93(10).
8. International Organization for Standardization. International Standard ISO

4049. [Online].; 2019 [cited 2025 06 16. Available from:
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/67596/66dff80a23e94f87844dd3990fe7f440/ISO-4049-2019.pdf9>.
9. Suryawanshi A, Behera NC. Dental composite resin: a review of major mechanical properties, measurements and its influencing factors.
Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik. 2022; 53(5): p. 617-35.
 10. Rosete CI. Propiedades fisicoquímicas de las resinas Palfique LX5 Tokuyama® y Filtek Bulk Fill 3m®. Revisión de la literatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Odontología; 2021.
 11. Elizalde J, Morales B, Cordero M, Pinos P. Reemplazar o reparar restauraciones de resina compuesta; criterios a tener en consideración.
Revista Odontología y Biomateriales (RODYB). 2024; 13(1).
 12. Ferracane, Jack L. Resin composites—State of the art. *Australian Dental Journal*. 2011; 56(Suppl 1): p. 23-34.
 13. Păstrav , Păstrav , Chisnoiu AM, Chisnoiu RM, Cuc , Petean , et al. Properties of Nanohybrid Dental Composites—A Comparative In Vitro Study.
Biomedicines. 2024; 12(1)
 14. Sulca E, López A. Flexural strength of conventional flowable, bulk fill flowable and highly filled flowable resin composites: in vitro study. 2023; 11(3).
 15. Chagas LS. Avaliação da resistência flexural e módulo de elasticidade de uma resina do tipo bulk fill em comparação com uma resina convencional. *Scipace*. 2015 diciembre; 01(01).

16. Ali H, Choudhury N, Kadhim A, Gaffer A. Flexural Strength of Nanohybrid Composite Resin: An in-vitro Study. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*. 2024; 4(5).
17. Villacis JM, Alvarado OR. Resin coating, una alternativa en técnicas de sellado dentinario: Una revisión de. *Research, Society and Development*. 2024 junio; 3(16)
18. Cruz I. Comparación de la resistencia flexural de una resina nanohibrida y una resina tipo Bulk Fill. Estudio In Vitro. Lima - Perú 2021. Tesis. Lima: Universidad Norbert Wiener, Facultad de Ciencias de la Salud; 2022.
19. Sulca Gonzales EL, López AI. Resistencia flexural de las resinas fluida convencional, fluida bulk fill y fluida de alta carga: estudio in vitro. *Rev Estomatol Herediana*. 2023; 33(4): p. 357-363.
20. Gatica EP, Ojeda GD, Wendler M. Contemporary flowable bulk-fill resin-based composites: a systematic review. *Biomaterial Investigations in Dentistry*. 2023; 10(1).
21. Hernández-Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista L. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 6th ed. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana; impresion 2023 version 2014.
22. Santos M, Moraes M, Zare E, McDermott P, Santos Junior G. Multifactorial Contributors to the Longevity of Dental Restorations: An Integrated Review of Related Factors. *Dentistry Journal*. 2024; 12(9).
23. Parra E, Duran G, Wendler M. Contemporary flowable bulk-fill resin-based composites: a systematic review. *Biomater Investig Dent*. 2023; 10(1): p. 8-19.
24. Mohammed HQ, Mohammed RA, Azher MM. Thermocycling Effect on the Flexural Strength of Fiber-Reinforced and Conventional Flowable Composite.

Journal of International Oral Health. 2025; 3(17).

25. Cristobal N, Acosta E. Estudio experimental de la profundidad de fotopolimerización de tres marcas de resinas compuestas modificando la distancia de la fuente deluz (halógena) utilizando la norma iso 4049: 2009.

Tacna: Universidad Privada de Tacna, Tacna; 2015.

ANEXOS

ANEXO 1:

Aprobación del el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud (CEI-FACSA)

FACSA-CEI/ 163-09-2025

Tacna, 23 de septiembre de 2025

Investigador:

Miniam Velásquez Arpaí

Asesor:

Fiorella Andía Martínez

Presente.-

PI 163-25: "Resistencia flexural de tres resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y bulk fill – Estudio in vitro"

Estimado Investigador:

Hemos recibido el protocolo de investigación, que ha sido revisado en detalle. Luego de esta revisión el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud ha determinado que su proyecto de investigación está **APROBADO**

Se les solicita informar al Comité sobre cualquier cambio en el protocolo posterior a este dictamen. Del mismo modo, ante la aparición de cualquier evento o efecto – previsible que comprometa la integridad y bienestar del equipo de investigación durante el curso de su ejecución, estos deben ser también informados al Comité. Nos reservamos el derecho de supervisar de manera inopinada la progresión de la investigación en cualquier momento y bajo cualquier modalidad. Nos permitimos recordar a los investigadores que la ejecución de un proyecto de investigación sin una aprobación ética vigente es una falta grave, la cual puede ser sancionada con el cierre definitivo del estudio e imposibilidad de utilizar cualquier dato recolectado o generado en el mismo.

Esta aprobación tiene una duración de 12 meses a partir de la fecha de emisión de este documento. **Al término de la ejecución, el investigador deberá emitir un informe de cierre de proyecto, según los formatos del CEI.**

Sin otro particular, quedo de ustedes,



Dr. Marco A. Sánchez Tito
Presidente del Comité de Ética en Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud



UPT

Universidad Privada de Tacna

Avenida Jorge Basadre
Grahaman s/n
Campus Capanque,
Tacna, Perú
Tel: +51 52 427212
www.upt.edu.pe

Dr. Marco Antonio
Sánchez Tito
Presidente

Méd. Brayan Miranda
Chávez
Secretario Técnico

Dra. Cecilia Montesinos
Valencia
Miembro Titular

Dr. Edgar Parhuano
Travezalla
Miembro Titular

Méd. César Copaja
Carza
Miembro Titular

Mag. Lisett Aguirre
Montesinos
Miembro Titular

Mag. Gerson Gómez
Zapana
Miembro Titular

Mag. José Tozo Burgos
Miembro Titular

Mag. Mercy Morejido
Vera
Miembro Titular

ANEXO 2:

Matriz de Consistencia (Aquí debes pegar tu matriz de consistencia si la tienes, o crear una tabla que resuma Problema, Objetivos, Hipótesis y Variables).

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál es la diferencia</p> <p>Problema General:</p> <p>entre la resistencia flexural de tres resinas: nanohíbrida (3M™ fluida Z350 XT, la resina fluida de PALFIQUE y la resina Bulk fill (AURA) en un estudio in vitro.</p> <p>Tipo de Resina</p> <p>Indicadores:</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la diferencia en la resistencia flexural entre la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT), la resina fluida de Universal alta carga Universal Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill (Nanohíbrida, Fluida de alta carga y Bulk fill) en un estudio in vitro.</p> <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Comparativo, Prospectivo, Transversal. Compuesta. Diseño de Investigación:</p>	<p>Hi (Alternativa):</p> <p>Hipótesis General:</p> <p>Existe una diferencia significativa en la resistencia flexural de las tres resinas evaluadas Flow, PALFIQUE) y Bulk fill) en un estudio in vitro?</p>	<p>Resina Nano-</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>(3M Z350 Resina Fluida Alta Carga calculados (Palfique). Resina Bulk Fill</p>	<p>Resina Nano-</p> <p>Población y Muestra: híbrida</p> <p>- Población: compuesta estandarizadas.</p> <p>- Muestra: 33 especímenes</p> <p>Alta Carga calculados mediante G*Power (Potencia=0.80, $\alpha=0.05$).</p> <p>- Distribución : 3 grupos de 11 muestras cada uno.</p> <p>Escala: Nominal.</p>
<p>Problemas Específicos:</p> <p>1. ¿Cuál es la resistencia flexural de la resina nanohíbrida (3M™ Filtek™ Z350 XT)?</p> <p>2. ¿Cuál es la resistencia flexural de la resina fluida de alta carga (Universal Flow, PALFIQUE)?</p> <p>3. ¿Cuál es la resistencia flexural de la resina Bulk fill (AURA)?</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Determinar la diferencia en la Resistencia resistencia flexural de la resina Flexural. nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT H0 (Nula): en comparación con</p>	<p>la resina Indicadores:</p> <p>carga Universal Valores en Flow PALFIQUE y la resina Bulk Fill AURA. tres resinas evaluadas diferencia en la carga y Bulk fill) en un estudio in vitro. Universal fluida de alta carga Universal Flow PALFIQUE en con la resina 150). 3M Filtek Z350 XT</p> <p>Escala: Razón</p> <p>Determinar la diferencia en la flexural de la resina . Bulk Fill AURA en comparación con la resina nanohíbrida 3M Filtek Z350 XT</p>	<p>No existe una diferencia significativa en la resistencia flexural de las tres resinas evaluadas (Nanohíbrida, Fluida de alta carga y Bulk fill) en un estudio in vitro. Universal de</p> <p>Nota: Para los objetivos específicos, al ser nanohíbrida descriptivos, no se formularon hipótesis específicas, sino que se analizaron mediante estadística descriptiva (Media y D.E.).</p>	<p>la resina fluida de alta carga</p> <p>Universal Flow PALFIQUE Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Confección de moldes (25x2x2mm). 2. Fotopolimerización (Lámpara I-LED 2500mW/cm²). 3. Almacenamiento (48h en suero). 4. Fractura en máquina universal (Velocidad 0.5 mm/min). <p>Análisis Estadístico: - Normalidad: Shapiro-Wilk. Homogeneidad: Levene. - Inferencial: ANOVA de un factor y Post-hoc Tukey HSD.</p>	

ANEXO 3:

Ficha de Recolección de Datos

Título del Proyecto: Resistencia flexural de tres resinas nanohíbridas, fluidas de alta carga y bulk fill – Estudio in vitro. Investigador(a): Miriam Velásquez Arpasi.

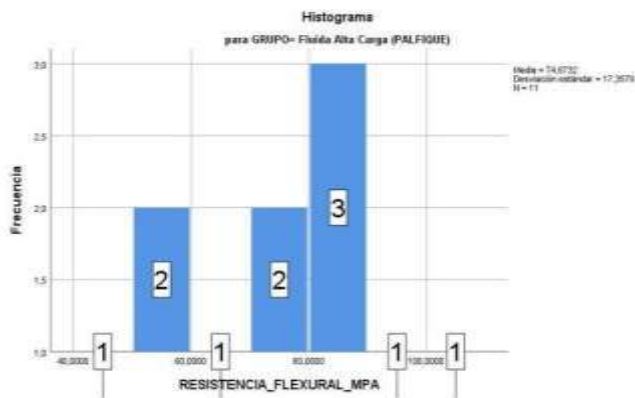
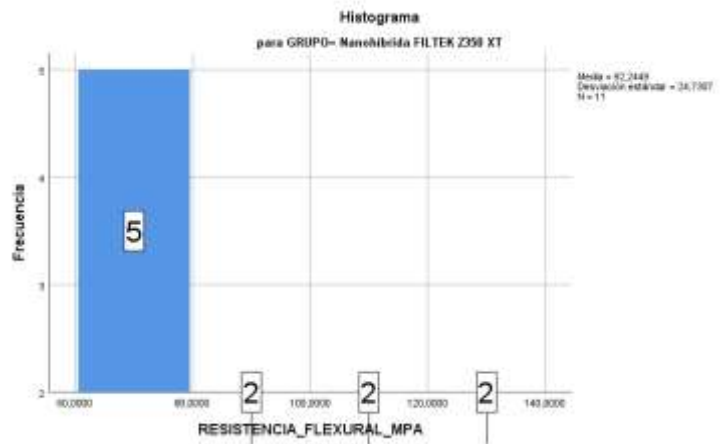
N° Muestra	Grupo Experimental (Tipo de Resina)	Ancho Espesor			Distancia		Fuerza		Resistencia	
		(mm)	(mm)	(mm)	Soportes	(mm)	Máxima (N)	Flexural	(MPa)	
1	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT)	5	2	20	75.4131	113.1197				
2	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT)	5	2	20	45.9932	68.9898				
3	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	87.9657	131.9486	4	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	50.112				
	75.168 5 Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	62.2722	93.4083	6	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	55.7998	83.6997			
7	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT)	5	2	20	80.5126	120.7689				
8	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	48.3468	72.5202	9	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	79.3358	119.0037			
10	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	40.5015	60.7523	11	Grupo 1: Nanohíbrida (Z350 XT) 5 2 20	50.21	75.315	12		
	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5 2 20	54.3288	81.4932							
13	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	61.5858	92.3787					
14	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	43.3454	65.0181					
15	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	56.6824	85.0236					
16	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	52.8578	79.2867					
17	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	68.5485	102.8228					
18	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	48.1507	72.2261					
19	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	31.9697	47.9545					
20	Grupo 2: Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5	2	20	37.9517	56.9276	21				
	Fluida Alta Carga (PALFIQUE) 5 2 20	57.0747	85.612	22						
	Carga (PALFIQUE) 5 2 20	35.1078	52.6617							
23	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	50.6023	75.9034					
24	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	70.0195	105.0292					
25	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	46.4835	69.7253					
26	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	67.2736	100.9104					
27	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	36.2846	54.4269					
28	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	61.4877	92.2315					
29	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5	2	20	50.9946	76.4919					
30	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5 2 20	68.0582	102.0873	31	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5 2 20	50.21	75.315			
	32 Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5 2 20	60.0167	90.025	33	Grupo 3: Bulk Fill (AURA) 5 2 20	56.1431	84.2146			

ANEXO 4:

GRÁFICOS

Gráficos de Distribución de Datos (Histogramas)

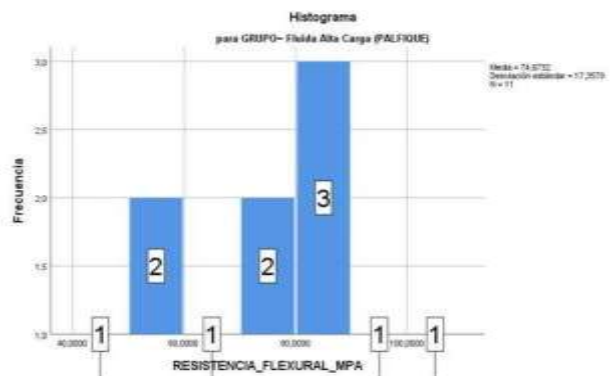
Histograma: Resina Nanohíbrida (Filtek Z350 XT): El histograma muestra una **distribución asimétrica positiva**, donde la mayor frecuencia de especímenes (5 unidades) se concentró en el rango de 60 a 80 MPa. Se observa una **alta dispersión** de los datos hacia la derecha, alcanzando valores superiores a 120 MPa. Esto concuerda visualmente con la desviación estándar más elevada del estudio (+/- 24.73 MPa) reportada en la estadística descriptiva.

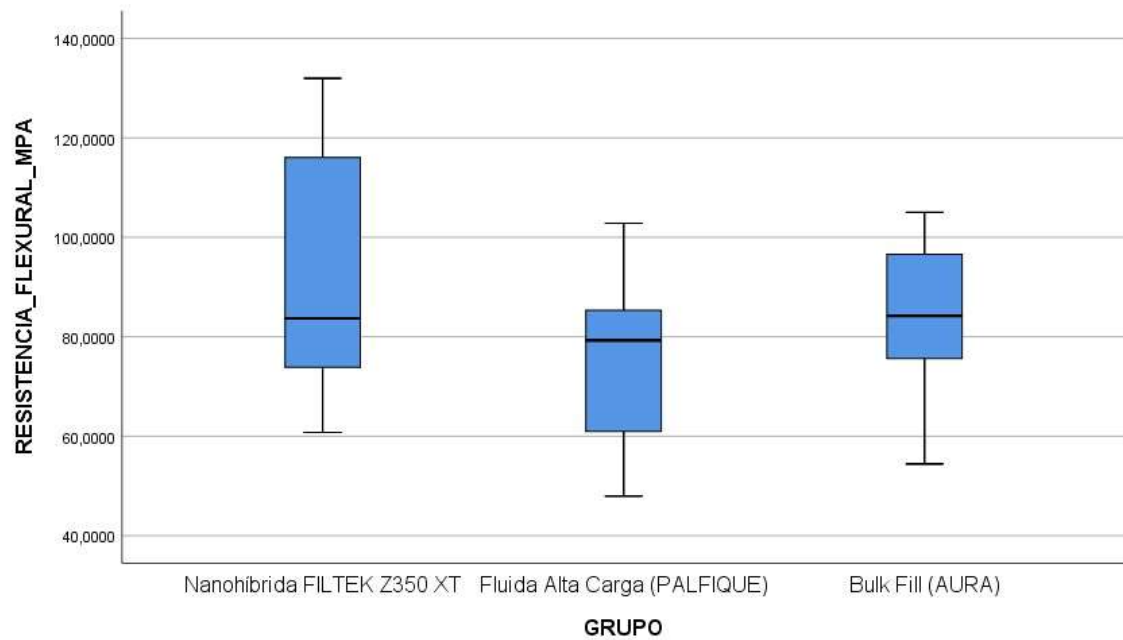


Histograma: Resina Bulk Fill (AURA): Se aprecia una distribución de datos que abarca desde los 50 hasta los 110 MPa. Aunque visualmente presenta un comportamiento ligeramente bimodal con picos de frecuencia en los rangos de 70-80 y 100-110 MPa, los datos se agrupan mayoritariamente alrededor de su media (84.21 MPa). Esta distribución gráfica respalda la homogeneidad suficiente para cumplir con los supuestos de normalidad verificados por la prueba de Shapiro-Wilk ($p=0.666$).

Histograma: Resina Fluida de Alta Carga (PALFIQUE): El gráfico evidencia una dispersión de datos que comienza en valores más bajos (rango 40-50 MPa) en comparación con los otros grupos. La mayor concentración de frecuencias (3 unidades) se ubica en el intervalo de 80 a 90 MPa. A pesar de la apariencia irregular propia del tamaño muestral ($n=11$), la distribución no presenta valores atípicos extremos que comprometan el análisis paramétrico, coincidiendo con un p -valor de normalidad de 0.819

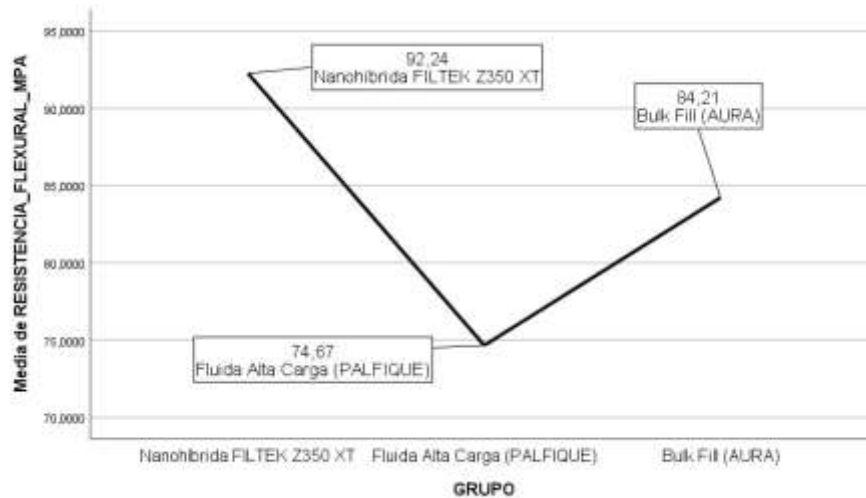
Distribución de la resistencia flexural (MPa) según el tipo de resina compuesta.





La línea horizontal negra dentro de cada caja representa la **mediana** (valor central). Los bordes superior e inferior de la caja azul representan el cuartil 3 (75%) y el cuartil 1 (25%), respectivamente. Se observa que la resina **Nanohíbrida (Z350 XT)** presenta la mayor dispersión de datos (caja más larga), mientras que la resina **Fluida de Alta Carga (Palfique)** muestra los valores más bajos.

Gráfico de medias de la resistencia flexural (MPa) según el tipo de resina compuesta.



Específicamente se observó lo siguiente:

- Al comparar la resina **Nanohíbrida (Z350 XT)** con la **Fluida de Alta Carga (Palfique)**, se encontró una diferencia de medias de 17.57 MPa, la cual no fue significativa (**p=0.107**).
- La comparación entre la resina **Nanohíbrida** y la **Bulk Fill (Aura)** arrojó una diferencia de medias de 8.03 MPa, con una significancia de **p=0.608**.
- Finalmente, la diferencia entre la resina **Fluida de Alta Carga** y la **Bulk Fill** fue de 9.54 MPa, resultando no significativa (**p=0.498**).

Bajo las condiciones de este estudio in vitro, los tres materiales mostraron un comportamiento mecánico estadísticamente equivalente.

ANEXO 5: Evidencia Fotográfica



Figura 1: Almacenamiento final de los especímenes de resina en recipientes herméticos rotulados por grupo experimental (Palfique, Z350 XT y Aura Bulk Fill).



Figura 2: Proceso de fotopolimerización de las muestras utilizando una lámpara LED de alta intensidad directamente sobre el molde de vidrio.

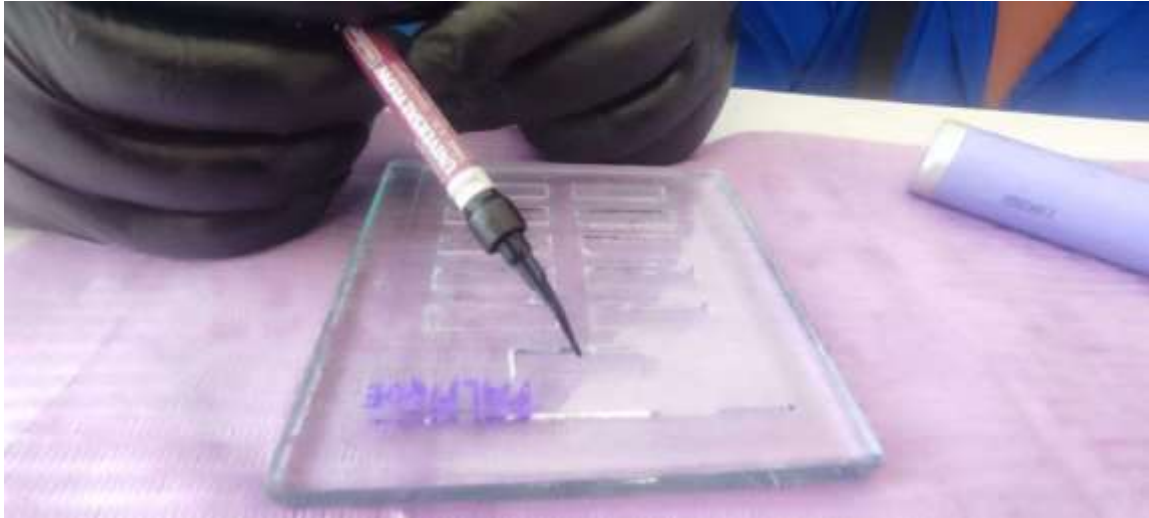


Figura 3: Confección de los cuerpos de prueba del Grupo 2 mediante la inyección directa de la resina fluida de alta carga (Universal Flow, PALFIQUE).

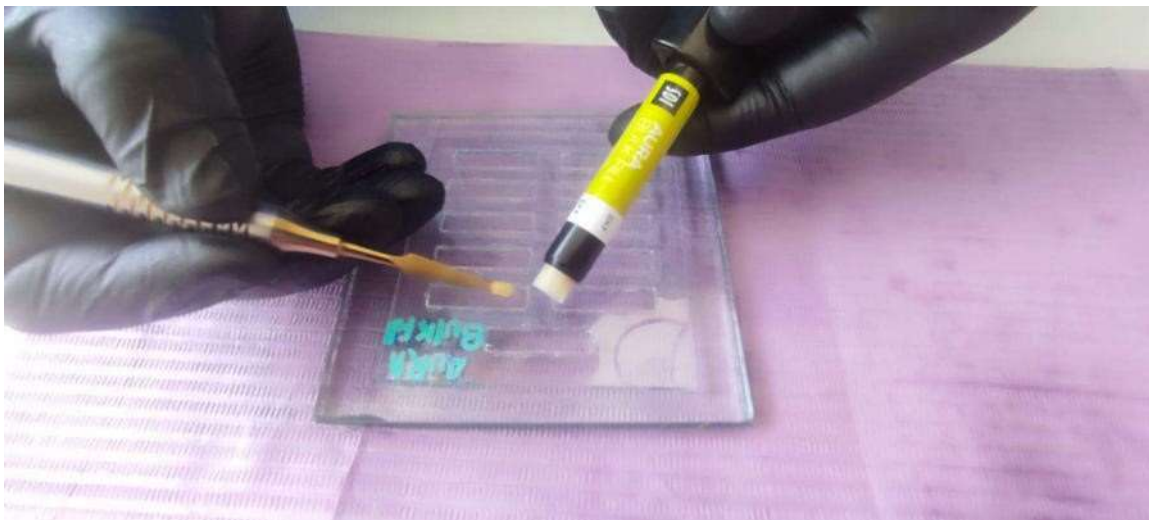


Figura 4: Manipulación y colocación de la resina Bulk Fill (AURA) dentro de la matriz estandarizada utilizando una espátula de resina.

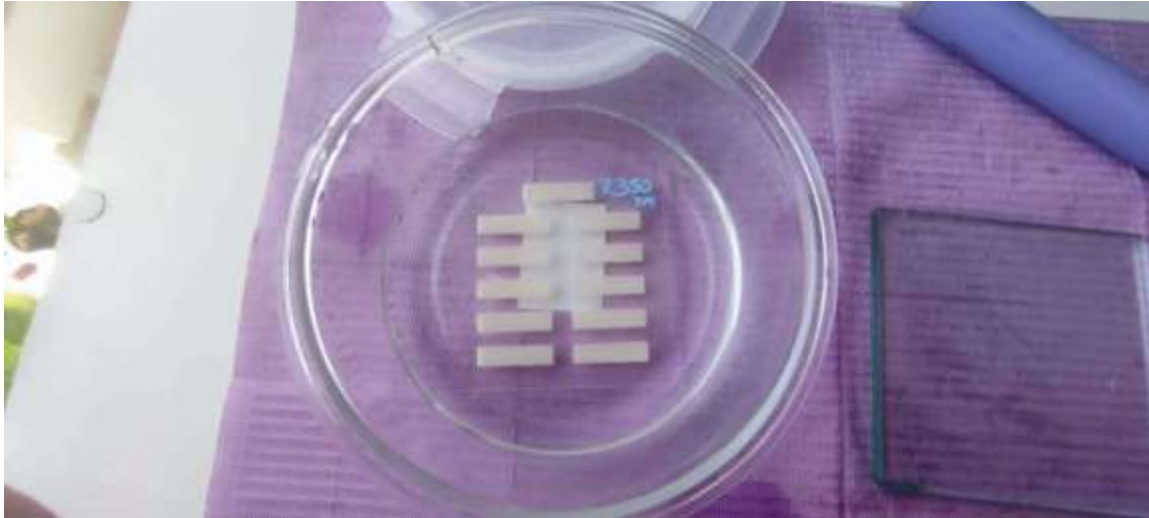


Figura 5: Proceso de hidratación de las varillas del Grupo 1 (Nanohíbrida Z350 XT) sumergidas en suero fisiológico previo al ensayo mecánico.

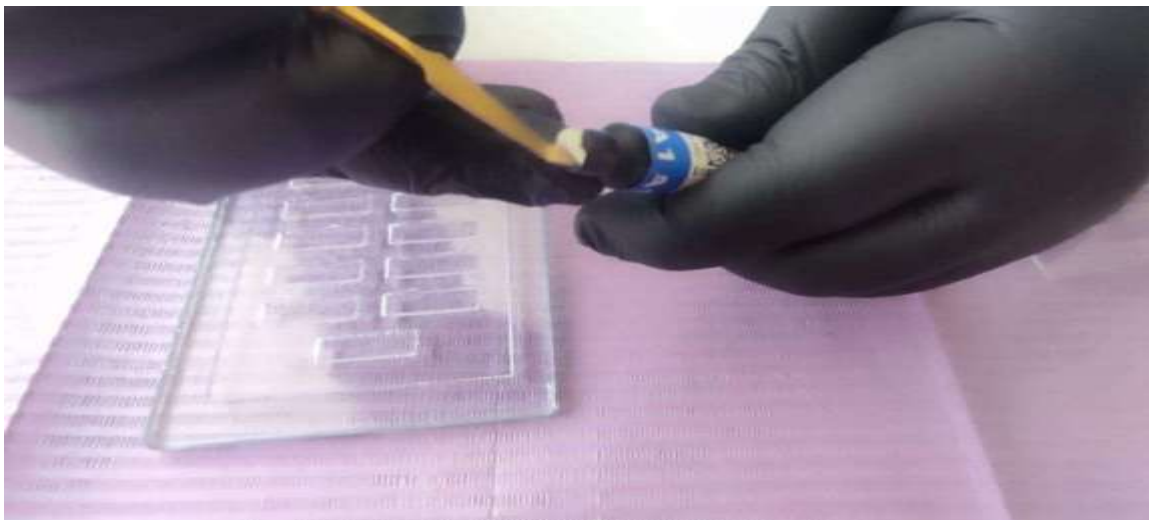


Figura 6: Técnica de inserción incremental y modelado de la resina nanohíbrida (Filtek Z350 XT) en el molde de vidrio.



Figura 7: Operadora realizando la preparación de los moldes y manipulación de los materiales bajo normas de bioseguridad.



Figura 8: Vista superior de la mesa de trabajo con la disposición ordenada de los tres sistemas de resinas, lámpara de fotocurado e instrumental.



Figura 9: Presentación general de los materiales e insumos utilizados: resinas compuestas, solución salina, instrumental rotatorio y elementos de protección personal.

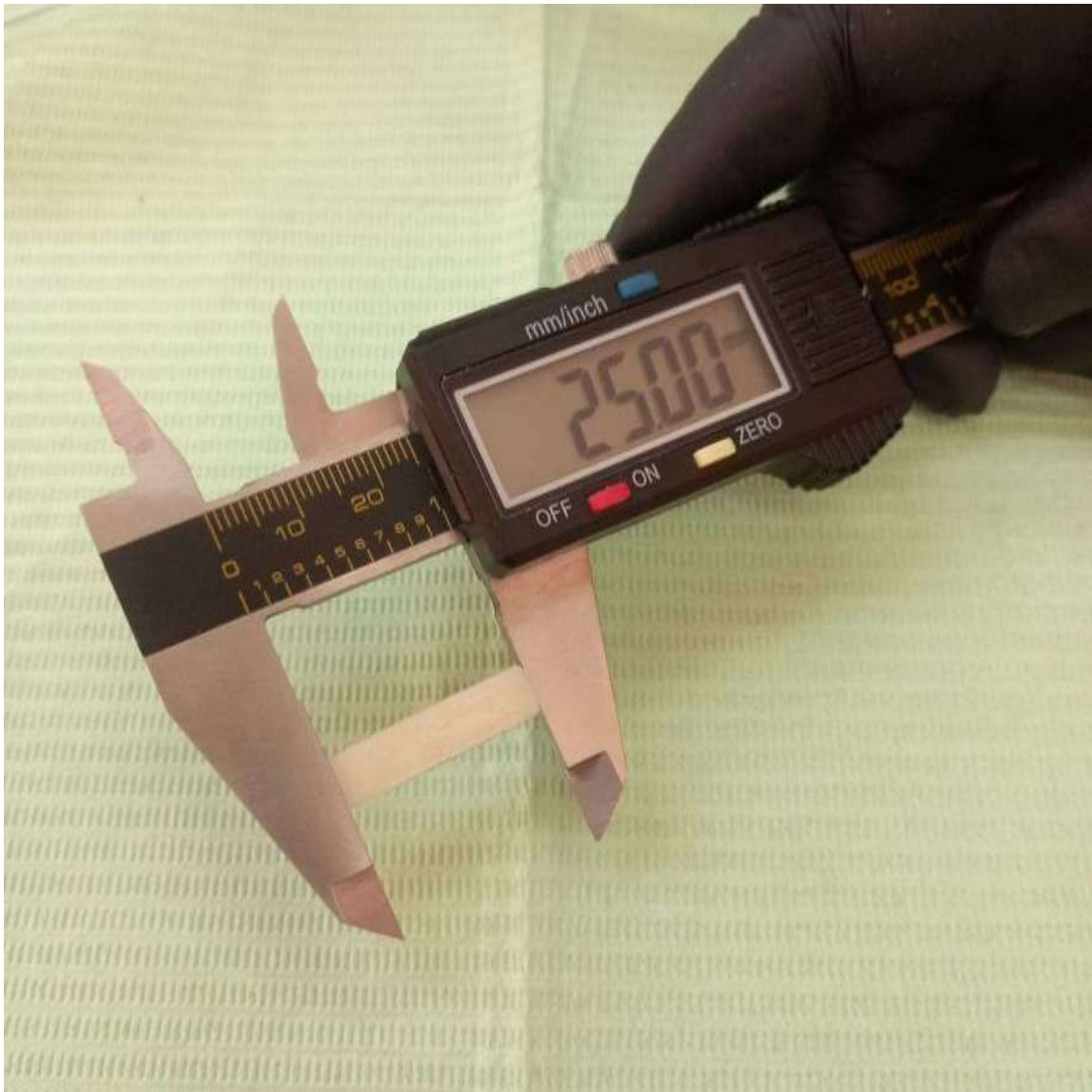


Figura 10: Verificación dimensional de la longitud de los especímenes (25.00 mm) utilizando un calibrador digital (Vernier) para asegurar el cumplimiento de la norma ISO 4049.

Figura 11: Ejecución del ensayo mecánico en la máquina universal de pruebas (ODEME, modelo OM 150), controlada mediante software para el registro de la fuerza aplicada y desplazamiento.



Figura 12: Primer plano de la prueba de flexión en tres puntos: aplicación de carga central progresiva sobre el espécimen de resina suspendido entre dos soportes hasta producirse la fractura (según norma ISO 4049).

