



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

“Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs. resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado”

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autoras:

Espín Samaniego, Sarah Izabella
Infante Nuñez, Andrea Nicole

Tutora:

Dra. María Gabriela Benítez Pérez

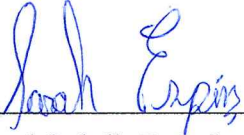
Riobamba, Ecuador. 2024


DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Sarah Izabella Espín Samaniego con cédula de ciudadanía 0604576314 y Andrea Nicole Infante Nuñez con cédula de ciudadanía 1805470448, autoras del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs. resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor(a) de la obra referida, será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a 04 de octubre de 2024.


Sarah Izabella Espín Samaniego
C.I: 0604576314


Andrea Nicole Infante Nuñez
C.I: 1805470448

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Dra. María Gabriela Benítez Pérez catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs. resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado", bajo la autoría de Sarah Izabella Espín Samaniego y Andrea Nicole Infante Nuñez por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los ocho días del mes de agosto de 2024.



Dra. María Gabriela Benítez Pérez

C.I. 0603620212

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado, presentado por Espín Samaniego Sarah Izabella, con cédula de identidad número 0604576314 e Infante Nuñez Andrea Nicole, con cédula de identidad número 1805470448, bajo la tutoría de Dra. María Gabriela Benítez Pérez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.


De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a 29 de octubre de 2024

Dra. Marcela Quisiguiña Guevara
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



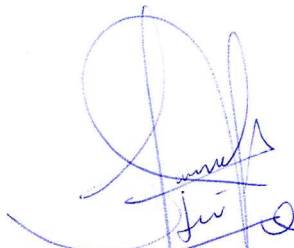
Firma

Dr. Cristian Sigcho Romero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Dr. Manuel León Velastegui
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ESPÍN SAMANIEGO SARAH IZABELLA** con CC: **0604576314** e **INFANTE NUÑEZ ANDREA NICOLE** CC: **1805470448**, estudiantes de la Carrera de **ODONTOLOGÍA (R)**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA FLEXURAL Y COLOR DEL CERÓMERO VS. RESINA NANOHÍBRIDA CON ZIRCONIO SOMETIDOS A TERMOCICLADO**", cumple con el N 6%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de octubre de 2024

Dra. Gabriela Benítez
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A mi familia y amigos, por ser ese pilar fundamental en mi vida, por brindarme apoyo y fuerza en los momentos más complejos de la carrera, por no dejarme caer y sostenerme siempre de su mano.

A todas las personas que han sido parte de este arduo camino como son: amigos y docentes, que con su ayuda y educación han permitido que salga adelante.

A mis pacientes, que con su apoyo, comprensión y tiempo han hecho posible dar un paso más fuerte hacia el futuro.

Todo esto va por ustedes, por darme amor constante, por ser un apoyo no solo económicamente si no psicológico también, se merecen esto y mucho más. **CON AMOR PARA USTEDES.**

Sarah Espín

A mi familia, por acompañarme en el proceso, por apoyar mis sueños y anhelos, por compartir y celebrar mis momentos de alegría, por sostenerme en las situaciones de dificultad, por ser mi guía y mi pilar en este camino.

A mis amigos, por caminar junto a mí, por apoyarme y comprenderme, por brindarme las mejores anécdotas, por convertir esta etapa de mi vida en una experiencia inolvidable.

A los docentes y mentores que compartieron su conocimiento y me permitieron solventar mis dudas, a mis pacientes que confiaron en mi trabajo, por permitirme desarrollar mis capacidades e iniciar en el mundo profesional.

Todo esto va por ustedes, por quererme y confiar en todo momento. **CON AMOR PARA USTEDES.**

Nicole Infante

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Nacional de Chimborazo por permitirnos culminar con la formación académica de pregrado.

Es esencial reconocer a las personas que han sido parte de este trabajo de investigación ya que con sus conocimientos y nuestro esfuerzo hemos podido desarrollar el presente proyecto.

Sarah Espín

Nicole Infante

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Restauraciones indirectas	18
2.1.1 Definición	18
2.1.2 Cerómeros	18
2.2 Resinas compuestas.....	22
2.2.1 Definición	22
2.2.2 División por tamaño de partícula	24
2.3 Resina compuesta empleada en la investigación.....	25
2.4 Color.....	25
2.5 Matiz.....	26
2.6 Croma	26
2.7 Valor.....	27
2.8 Método para evaluar el color.....	27
2.9 Resistencia flexural	27
2.10 Termociclado.....	28

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	30
3.1 Tipo de investigación	30
3.2 Diseño de investigación	30
3.3 Técnicas de recolección de datos	30
3.4 Población de estudio y tamaño de muestra	30
3.5 Criterios de selección	30
3.7 Hipótesis.....	30
3.8 Métodos de análisis, y procesamiento de datos.....	31
3.9 Procedimiento.....	31
3.9.1 Calibración de la lámpara de fotocurado	31
3.9.2 Preparación de bloques	32
3.9.3 Colocación del material en el molde de acrílico	32
3.9.4 Acabado y pulido de las muestras.....	33
3.9.5 Calibración de las muestras	34
3.9.6 Toma de color y termociclado de las muestras	35
3.10 Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Resultados	39
4.2 Discusión.....	45
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	51
5.1 Conclusiones	51
5.2. Recomendaciones.....	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Color de cerómero Ceramage y resina Forma	39
Tabla 2. Parámetros de estadística descriptiva para la resina y el cerómero	40
Tabla 3. Comprobación de normalidad para la resistencia flexural de ambos materiales mediante la prueba de Shapiro-Wilk	43
Tabla 4. Análisis de varianza para la resistencia flexural de ambos materiales	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calibración de la lámpara de fotocurado	31
Figura 2. Matriz de acrílico	32
Figura 3. Preparación de los bloques del cerómero Ceramage y la resina Forma	33
Figura 4. Pulido de los fragmentos de cerómero Ceramage y resinas Forma	34
Figura 5. Calibración de las muestras	34
Figura 6. Determinación de color	35
Figura 7. Termociclado de las muestras	35
Figura 8. Determinación de color	36
Figura 9. Máquina de ensayos Universal EUROTTEST-200	37
Figura 10. Diagrama de frecuencias absolutas para los valores de resistencia flexural de los materiales	40
Figura 11. Resistencia flexural de la resina Forma y el cerómero Ceramage.	41
Figura 12. Diagrama de frecuencias absolutas para los valores de resistencia flexural de los materiales	42

RESUMEN

El estudio evaluó la resistencia flexural y el color del cerómero frente a la resina nanohíbrida con partículas de zirconio, ambos sometidos a termociclado. Se llevó a cabo una investigación in vitro, de corte transversal y con un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño experimental comparativo. La recolección de datos se realizó a través de observación, utilizando una bitácora de laboratorio. La muestra constó de 30 especímenes de 14 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor: 15 bloques de cerómero Ceramage-Shofu (G1) y 15 bloques de resina nanohíbrida Forma-Ultradent (G2). Los resultados indicaron que el cerómero mantuvo su color inicial B2 tras el termociclado, mientras que la resina cambió de color, con un 33,3% pasando de D2 a C1 y un 66,7% de D2 a B1. En cuanto a la resistencia flexural, la resina mostró una media de 190,925 MPa, con menor variabilidad que el cerómero, que presentó una media de 179,655 MPa y un coeficiente de variación del 22,1%. El análisis estadístico (ANOVA) reveló que no hubo diferencias significativas en la resistencia flexural entre ambos materiales. Sin embargo, el cerómero mantuvo su color original tras simular el medio bucal durante cinco años, destacándose como la opción preferida para restauraciones indirectas por su estabilidad de color, a pesar de la similitud en la resistencia flexural.

Palabras clave: Resina nanohíbrida, cerómero, resistencia flexural, restauraciones indirectas, color.

Abstract

The study evaluated the flexural strength and color of ceromer versus nanohybrid resin with zirconium particles, both subjected to thermocycling. An in vitro, cross-sectional investigation was conducted quantitatively, utilizing a comparative experimental design. Data collection was performed through observation using a laboratory log. The sample consisted of 30 specimens measuring 14 mm in length, 2 mm in width, and 2 mm in thickness: 15 blocks of Ceramage-Shofu ceromer (G1) and 15 blocks of Forma-Ultradent nanohybrid resin (G2). Results indicated that the ceromer retained its initial B2 color after thermocycling, while the resin underwent color changes, with 33.3% shifting from D2 to C1 and 66.7% from D2 to B1.

Regarding flexural strength, the resin showed an average of 190.925 MPa, with less variability than the ceromer, which had an average of 179.655 MPa and a coefficient of variation of 22.1%. Statistical analysis (ANOVA) revealed no significant differences in flexural strength between the two materials. However, the ceromer maintained its original color after simulating the oral environment for five years, emerging as the preferred option for indirect restorations due to its color stability despite the similarity in flexural strength.

Keywords: Nanohybrid resin, ceromer, flexural strength, indirect restorations, color



Reviewed by:

Mgs. Vanessa Palacios

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603247487

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las restauraciones directas han demostrado ser muy efectivas en la rehabilitación de dientes con cavidades pequeñas. Sin embargo, cuando se utilizan resinas compuestas para restauraciones directas en cavidades grandes, se han observado algunas desventajas, principalmente debido a la contracción del material restaurador. ⁽¹⁾

Los problemas más comunes asociados con las restauraciones directas incluyen el cambio de color en los bordes de la restauración, desajustes internos, filtración, sensibilidad después del tratamiento y posibles complicaciones en la pulpa dental. Para abordar estos inconvenientes, se ha propuesto la utilización de restauraciones indirectas, apoyándose en materiales que optimizan las propiedades de las restauraciones directas. ⁽¹⁾

Los cerómeros son materiales restauradores que presentan propiedades mecánicas más avanzadas que las resinas compuestas tradicionales. Estos polímeros mejorados contienen partículas de cerámica, lo que les ha valido el nombre de la séptima generación de resinas compuestas. Este tipo de materiales se emplea en la realización de restauraciones utilizando la técnica indirecta. ⁽²⁾

Entre las características más notables se encuentran su excelente estética, alta resistencia a la microfractura, un índice de desgaste comparable al del esmalte dental, y una variada paleta de colores y tonos que facilitan al material para integrarse de manera natural con los tejidos dentales. ⁽³⁾

1.2 Planteamiento del problema

Durante la última década, la odontología restauradora ha avanzado significativamente, introduciendo nuevas técnicas y materiales. Se han desarrollado procesos tanto clínicos como de laboratorio que mejoran la calidad y la duración de los tratamientos. Los materiales modernos son biocompatibles y ofrecen una excelente estética; algunos se aplican directamente en la boca, mientras que otros se procesan en el laboratorio. Por ello, es fundamental comparar estas diferentes opciones.

Las restauraciones dentales con resinas compuestas tienen una vida útil limitada, principalmente debido a la aparición de caries en los márgenes. Otros problemas, aunque menos frecuentes, incluyen fracturas de los dientes o de las restauraciones, deterioro

marginal, sensibilidad dental, pérdida de contactos oclusales y cambios de color o pigmentación.⁽⁴⁾

Según Jinez et al. ⁽⁵⁾, uno de los problemas más comunes en las restauraciones del sector posterior es la microfiltración, particularmente en la zona profunda de las cajas proximales de las preparaciones de clase II. Además, la adaptación en el margen gingival puede verse comprometida por la contracción de polimerización, lo que aumenta el riesgo de microfiltración y de sensibilidad postoperatoria.

Uno de los factores que contribuye a las fallas en la cohesión y adhesión de las restauraciones directas con resina compuesta es la contracción volumétrica que ocurre durante la fotopolimerización de los materiales restauradores, con un rango que varía entre 1,35 y 7,1%. Además, se presentan problemas como la adaptación marginal, la dificultad para lograr una anatomía interproximal adecuada, cambios en el volumen y la generación de estrés. ⁽⁶⁾

Marín et al. ⁽⁷⁾ indicaron que, en las restauraciones dentales directas, la unión entre el material y la estructura dental puede verse afectada por la contracción de los polímeros, lo que genera estrés en la pared adyacente. Esto puede llevar al fracaso de la restauración y causar dolor postoperatorio. Por esta razón, muchos investigadores y clínicos se centran en perfeccionar las técnicas de colocación y polimerización de los materiales utilizados.

Sin embargo, Risco et al. ⁽⁸⁾ sostuvieron que las restauraciones dentales indirectas ofrecen un rendimiento clínico satisfactorio a largo plazo para la rehabilitación de dientes posteriores. A pesar de esto, pueden surgir fallas después de la cementación, lo que hace que la selección del protocolo de tratamiento y del material más adecuado siga siendo un tema de debate y subjetividad.

1.3 Justificación

Actualmente, hay una creciente demanda de tratamientos rehabilitadores que utilicen materiales innovadores, lo que impulsa a la odontología a mantenerse en constante investigación. Las restauraciones dentales, que son fundamentales en este ámbito, pueden realizarse de dos formas: directamente en la boca o indirectamente a través de laboratorios.

Este estudio se centra en la evaluación de dos materiales para restauraciones indirectas. Tanto los cerómeros como las resinas nanohíbridas con zirconio que cumplen con los

requisitos de estética, funcionalidad y durabilidad, ofrecen una disminución en los fallos adhesivos y cohesivos que a menudo llevan al fracaso de las restauraciones directas. ⁽⁶⁾

Se pueden realizar restauraciones indirectas utilizando cerómeros; sin embargo, con el avance de la investigación, las resinas nanohíbridas con zirconio se han convertido en la opción preferida debido a sus excelentes propiedades mecánicas y estéticas. ⁽³⁾

Los cerómeros, por su parte, son materiales micro-cerámicos ideales para restauraciones indirectas. Ofrecen una gran resistencia a la compresión, son biocompatibles y suaves para los dientes opuestos. Además, son fáciles de pulir, no vitrifican, mantienen una excelente estabilidad de color, y presentan alta resistencia a la tracción junto con buena elasticidad. ⁽⁷⁾

Las restauraciones indirectas presentan varias ventajas sobre las técnicas directas, incluyendo un rendimiento mecánico superior y una reducción significativa en la contracción durante la polimerización. Esto se traduce en una mayor durabilidad y estabilidad del color, menor sensibilidad postoperatoria, facilidad para conformar los contactos proximales y la morfología de las piezas restauradas, así como integridad marginal y estética óptimas. ⁽⁷⁾

La selección de la resina nanohíbrida con partículas de zirconio a utilizar en la presente investigación resulta de una encuesta que se aplica a estudiantes desde octavo a décimo semestre, egresados y profesionales referentes al área; de esta manera, se verifica la preferencia de los materiales al momento de realizar restauraciones dentales indirectas.

En vista de lo anterior, es necesario comparar las propiedades y características de la resina compuesta nanohíbrida con partículas de zirconio y cerómero, para determinar cuál de estos materiales proporciona mejores propiedades físicas y mecánicas en las restauraciones dentales indirectas. En este sentido, se planteó el objetivo general y los objetivos específicos siguientes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la resistencia flexural y color del cerómero vs la resina nanohíbrida con partículas de zirconio sometidos a termociclado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar la variación de color del cerómero y la resina nanohíbrida con partículas de zirconio sometidos a termociclado.
- Determinar la resistencia flexural del cerómero y la resina nanohíbrida con partículas de zirconio sometidos a termociclado.
- Determinar el mejor material para restauraciones indirectas a través de la comparación del cerómero vs la resina nanohíbrida con partículas de zirconio

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Restauraciones indirectas

2.1.1 Definición

Una restauración indirecta es aquella que no se lleva a cabo directamente en la boca del paciente, sino que requiere la elaboración de un modelo dental en un laboratorio especializado. Generalmente, estas restauraciones son bastante extensas y se conocen como incrustaciones. Se recomiendan para pacientes que han perdido una cantidad significativa de estructura dental, ya sea debido a caries extensas, fracturas coronarias que afectan a la corona clínica en más del 50% de su tejido, o en caso de requerir la nivelación del plano oclusal. ⁽⁸⁾

Las restauraciones indirectas ayudan a reducir problemas comunes asociados con las restauraciones directas, tales como la contracción durante la polimerización, la filtración marginal, desajustes oclusales, sensibilidad postoperatoria y filtraciones que pueden llevar a caries dentales. ⁽⁸⁾

Las restauraciones de tipo indirectas se clasifican acorde a su extensión y material.

1. La clasificación más conocida según su extensión es:⁽⁸⁾
 - **INLAY:** Es aquel tipo de restauración que no abarca la totalidad del tejido de las cúspides.
 - **ONLAY:** Tipo de restauración que implica 1 o mayor número de cúspides, pero no abarca todas.
 - **OVERLAY:** Es aquella restauración que incluye completamente a todas las cúspides, implica modificación de la superficie oclusal.
2. Clasificación acorde al material:
 - ✓ **Metálicas:** Incluyen aleaciones nobles y aleaciones no nobles.
 - ✓ **Estéticas:** Incluyen cerámicas, cerómeros y resinas.

2.1.2 Cerómeros

A finales del siglo XIX, se realizaron restauraciones de tipo inlay utilizando vidrio y cerámica. Sin embargo, al comenzar el siglo XX, este método cayó en desuso debido a que las restauraciones cerámicas cementadas convencionalmente no lograban una unión efectiva entre el cemento, el tejido dentario y el material restaurador, lo que resultaba en su fracaso. ⁽⁹⁾

Las resinas compuestas indirectas surgieron en 1980 gracias al trabajo de Mormann en Alemania, así como a las contribuciones de Touati y Pissis en Francia. Estos investigadores llevaron a cabo estudios para evaluar el desempeño de estos nuevos materiales en sustitución de las técnicas anteriores. ⁽⁹⁾

La primera generación de resinas compuestas para restauraciones indirectas ofrecía varias ventajas como: fabricación sencilla, costos reducidos, una estética inmediata satisfactoria, una adecuada adaptación marginal, menor contracción durante la polimerización, buenos contactos proximales y baja abrasión. ⁽⁹⁾

La primera generación de resinas compuestas (1980), como Dentacolor de Kulzer®, Isosit N de Ivoclar® y Visiogem de ESPE®, se basó en microrrelleno. Sin embargo, presentaba desventajas como baja resistencia, fractura en las áreas marginales, deformación por flexión e inestabilidad del color. Por lo tanto, fue necesario mejorar estas propiedades para reducir las fallas y lograr una mayor aceptación clínica en Estados Unidos y Europa. ⁽⁹⁾

La segunda generación de resinas compuestas para restauraciones indirectas, que apareció a mediados de los años noventa, ofrecía mejoras significativas en las propiedades mecánicas. Ejemplos de estos materiales incluyen Artglass de Kulzer®, Targis de Ivoclar®, Z100MP de 3M® y BelleGlass HP de Kerr®. Estos productos están compuestos por rellenos minerales cerámicos, lo que les confiere propiedades físicas superiores. ⁽⁹⁾

Los cerómeros, polímeros cerámicos o *polyglass*, pertenecen a la segunda generación de resinas de laboratorio, una clasificación introducida por Touati en 1996. Representan una nueva generación de materiales que incorporan partículas de relleno cerámico que mejoran la resistencia a la fractura y elasticidad de estos materiales. ⁽¹⁰⁾

Desde su aparición, los cerómeros han sido bien recibidos por los odontólogos y continúan siendo una opción eficaz, especialmente para restauraciones indirectas en el sector posterior. El término "cerómero" proviene del inglés "Ceromer" (*Ceramic Optimized Polymer*), y se refiere a un polímero mejorado con partículas de cerámica, combinando así los conceptos de cerámica y polímero. ⁽⁹⁾

Poseen una estructura básica similar a la de las resinas compuestas, incluyendo la matriz, el agente de unión, el agente iniciador y el relleno. Aunque mantienen las propiedades fundamentales de las resinas, los cerómeros presentan características adicionales que los distinguen. ⁽¹¹⁾

La matriz de los cerómeros está compuesta principalmente por Bis-GMA, junto con monómeros de metacrilato tales como UDMA y TEGDMA. Además, incluye monómeros polifuncionales que cuentan con múltiples lugares de unión durante el proceso de polimerización. El relleno inorgánico de los cerómeros varía entre el 60 y el 70 % en volumen y entre el 75 y el 85 % en peso, con partículas de tamaño que oscilan entre 0,04 y 1 μm . En su mayoría, se han incorporado partículas de vidrio. Además, se ha optimizado el proceso de silanización para mejorar el enlace entre el relleno y la matriz. ⁽¹¹⁾

El uso de cerómeros está indicado en los siguientes casos: ⁽¹²⁾

- Restauraciones de recubrimiento parcial de tipo faceta, inlay, onlay y overlay.
- Coronas unitarias en piezas dentales anteriores.
- Material de revestimiento estético sobre una estructura metálica en prótesis parcial fija convencional e implantosoportada.
- Coronas en el sector posterior y prótesis fijas reforzadas con fibras.

Los cerómeros están contraindicados en prótesis fija plural de brecha larga, dado que en estos sitios la unión no es viable. ⁽¹³⁾

2.1.2.1 Ventajas

Los cerómeros son reconocidos por su estabilidad de color, gracias a los filamentos cerámicos que contienen, y la amplia gama de colores que ofrecen. Son biocompatibles, su resistencia flexural es de 120 MPa y su elasticidad varía entre 8500 y 12000 MPa. Presentan un alto porcentaje de partículas inorgánicas en volumen (66 %), son fácilmente reparables y tienen una buena capacidad de resiliencia. Pueden polimerizarse mediante diferentes métodos (luz, calor, presión), causan un desgaste mínimo en los dientes antagonistas, y su técnica clínica es sencilla, con una textura superficial que se asemeja al esmalte dental. ⁽¹⁰⁾

Cuando los cerómeros se exponen a la presión intraoral, presentan una deformación similar a la de la estructura dental natural. Esto reduce el riesgo de fracturas causadas por la tensión entre el material restaurador y el diente. Su textura superficial y resistencia al desgaste en las áreas de contacto oclusal y en las zonas sin contacto son comparables a las del esmalte dental. Además, sus propiedades físicas, como el coeficiente de expansión térmica y el módulo elástico, se asemejan a las características de la dentina. El material permite la

aplicación de capas más delgadas en comparación con la cerámica, lo que lo hace menos invasivo que las restauraciones cerámicas adheridas. ⁽¹⁰⁾

Una de las ventajas de las restauraciones indirectas es que permiten modelar con mayor precisión las convexidades naturales de las piezas dentales, asegurando un adecuado contacto proximal. Además, ofrecen una excelente estética debido a su alto potencial para caracterización y pulido. ⁽¹⁰⁾

Otra característica destacable de los cerómeros es su adaptación marginal. Al ser cementados en una etapa posterior, presentan una mínima contracción durante la polimerización, lo que previene la microfiltración y el desarrollo de caries secundaria, además de reducir la sensibilidad postoperatoria. Gracias a un proceso de polimerización más avanzado, las resinas compuestas para restauraciones indirectas exhiben mejores propiedades físico-mecánicas, tales como resistencia a la fractura y al desgaste, estabilidad del color, dureza, resistencia a la compresión y estabilidad dimensional. ⁽¹⁰⁾

2.1.2.2 Desventajas

Entre las principales desventajas de los cerómeros se encuentran la necesidad de utilizar un cemento de resina para las restauraciones que no están reforzadas con fibra, el aumento de costos debido a la intervención de un laboratorio, una mayor probabilidad de fractura en comparación con las restauraciones de tipo metálico o coronas que combinan metal-cerámica, y un tiempo clínico mayor en comparación con las restauraciones directas. ⁽¹¹⁾

2.1.2.3 Clasificación del cerómero acorde a su técnica de polimerización

Una ventaja observada en los sistemas resinosos para uso indirecto es la opción de utilizar una técnica de fotopolimerización complementaria. Esto permite una mayor conversión de monómeros en polímeros, lo que a su vez mejora las propiedades mecánicas del material. ⁽¹⁴⁾

- **Sistemas fotoactivados:** emplean luz halógena o luz estroboscópica de xenón como el único agente de polimerización. Cada fabricante emplea unidades de fotopolimerización específicas para lograr una mayor conversión de monómeros en polímeros.
- **Sistemas fotoactivados mediante polimerización complementaria con calor:** la polimerización inicial se efectúa con una unidad fotopolimerizadora. Para la

aplicación de calor se emplea una unidad que establece la temperatura a 110 °C durante 8 a 15 minutos.

- **Sistemas fotoactivados mediante polimerización complementaria con luz y calor:** En esta clase de materiales los equipos polimerizadores son clave. La unidad de fotopolimerización se encarga de la primera conversión, lo que se complementa con un equipo de luz y además, calor; mismas que trabajan en ciclos automatizados simultáneos según las indicaciones de los fabricantes.
- **Sistemas fotoactivados mediante polimerización complementaria con calor y sometidos a presión al vacío:** El proceso de polimerización se efectúa a través de calor y presión constante o de vacío, consiguiendo la eliminación de la porosidad del composite y disminuyendo la degradación superficial del material. Otro objetivo de aplicar presión es evitar la evaporación de los monómeros al momento de someterse a temperaturas muy elevadas. Además, por la presencia de nitrógeno se suprime la capa de oxígeno que inhibe la polimerización en el incremento final de una restauración.

2.1.2.4 Cerómero empleado en el estudio

Ceramage, un material de silicato de zirconio con micropartículas de cerámica que sirve para la elaboración de restauraciones mediante técnica indirecta que permite el paso de luz de manera similar a las piezas dentales naturales, conservando un aspecto de transparencia evidente. Ceramage combina algunas subestructuras, encontrando aleaciones metálicas no nobles. Está indicado para coronas superiores en el sector anterior y posterior, carillas, restauraciones implantosoportadas, restauraciones de tipo inlay y onlay. ⁽¹⁵⁾

2.2 Resinas compuestas

2.2.1 Definición

Las resinas compuestas, también conocidas como composites, son materiales sintéticos que se mezclan de manera heterogénea para formar un compuesto. Este compuesto está compuesto por dos tipos de moléculas: una de cohesión y otra de refuerzo. En odontología, estos biomateriales se utilizan para restaurar piezas dentales, considerando sus características como color, estética, biocompatibilidad con la estructura dental y resistencia. ⁽¹⁶⁾

Las resinas compuestas surgieron en el siglo XX y ganaron aceptación por sus propiedades estéticas en restauraciones dentales. Antes de su aparición, los silicatos eran los únicos materiales estéticos disponibles, pero se desgastaban rápidamente. En la década de 1940, las resinas de polimetacrilato comenzaron a reemplazar a los silicatos, ya que su color era más compatible con el de las piezas dentales y tenían propiedades como la insolubilidad en la cavidad oral y un costo accesible. Sin embargo, presentaban desventajas significativas, como la filtración marginal a corto plazo debido a su baja resistencia al desgaste y alta contracción durante la polimerización.

Desde 1962, con la introducción de las resinas modernas, se mejoró la estructura de estas resinas al incorporar una matriz de bisfenol-A-glicidil metacrilato (Bis-GMA). Desde entonces, se han realizado modificaciones continuas para abordar la contracción durante la polimerización y el estrés asociado. ⁽¹⁷⁾

Las resinas compuestas odontológicas están constituidas por varios componentes clave que proporcionan las propiedades estéticas y funcionales. La composición básica incluye:

- **Matriz de resina:** entre estos componentes se encuentra el Bis-GMA, este es uno de los monómeros más comunes en la matriz por su alta resistencia y estabilidad. Otros compuestos son la trietanolamina (TEA) y trietilenglicol-dimetacrilato (TEGDMA), que son utilizados como monómeros diluyentes para ajustar la viscosidad y la manipulación del material. También se encuentra el uretano-dimetacrilato (UDMA) que proporciona una buena combinación de resistencia y flexibilidad.
- **Relleno inorgánico:** las partículas de vidrio a menudo se utilizan debido a su alta resistencia y buena estética. Las partículas de sílice contribuyen a la resistencia al desgaste y dureza, y las partículas cerámicas mejoran la estética y resistencia. En la actualidad existen diversas partículas de relleno que se pueden incluir, tales como aluminosilicatos de litio, borosilicatos y dióxido de silicio.
- **Agentes de unión:** los silanos se utilizan para mejorar la adhesión entre la matriz resinosa y relleno inorgánico.
- **Agentes iniciadores y catalizadores:** existen fotoiniciadores como la camphorquinona (CQ), que inician la polimerización cuando se expone a la luz. Los agentes catalizadores facilitan la reacción de polimerización y aseguran una curación completa.
- **Pigmentos y colorantes:** los pigmentos orgánicos e inorgánicos se añaden para ajustar el color del material y lograr la estética deseada.

Existen otros aditivos como estabilizadores y antioxidantes que evitan la degradación del material durante el almacenamiento y también, agentes de acabado y pulido que mejoran la textura superficial y la apariencia final del material. Esta combinación de componentes permite que las resinas compuestas ofrezcan una mezcla de propiedades estéticas, mecánicas y de durabilidad que son adecuadas para diversas aplicaciones en odontología restauradora. Muchos composites logran sustituir, en parte, las partículas de metales pesados por cuarzo. Se pueden incluir: estroncio, bario, aluminio, zinc o zirconio, por ser radiopacos. ⁽¹⁶⁾

El empleo de las resinas compuestas está indicado en restauraciones dentales clase V, que se utilizan para tratar defectos en la región cervical del diente, causados por procesos de desgaste como atricción, abfracción y erosión. Además, las restauraciones oclusales de clase I y II son necesarias cuando el esmalte está comprometido, requiriendo la colocación de una base para restaurar la integridad y funcionalidad del diente. ⁽¹⁷⁾

Las resinas compuestas no son adecuadas para pacientes con alergias a las partículas de resina, bruxómanos, o aquellos con alta actividad cariogénica. Además, no se deben aplicar en restauraciones que excedan un tercio de la anchura bucolingual del diente. ⁽¹⁸⁾

2.2.2 División por tamaño de partícula

Una de las formas de clasificar a las resinas compuestas es según su tamaño de partículas.

- **Resinas con macro relleno o convencionales:** estas resinas comenzaron a desarrollarse en la década de 1970, y su composición incluía partículas de cuarzo o sílice amorfo, su tamaño variaba entre 8 a 12 μm , y algunas alcanzan los 50 μm , que implicaban del 60 al 70 % del volumen. Aunque han sido ampliamente utilizadas a lo largo de los años, presentan como desventaja una unión débil entre la matriz y las micropartículas, lo que las hace propensas a la hidrólisis, y también tienen una baja resistencia al desgaste en las superficies oclusales. ⁽¹⁹⁾
- **Resinas con micro relleno:** incluyen sílice coloidal y partículas que van de 0,01 a 0,05 μm . Entre sus ventajas, estas resinas destacan en el sector anterior debido a su menor tensión superficial y ondas, ofreciendo una excelente estética. ⁽¹⁹⁾
- **Resinas híbridas:** pertenecen a un amplio grupo de materiales odontológicos y se caracterizan porque contienen un refuerzo de fase inorgánica compuesta por vidrio de diversos tamaños y composiciones, representando el 70 % o más de su peso. La tecnología de estos se fundamenta en una fase dispersa doble: una mezcla de

micropartículas de cerámica-vidrio y macrorrellenos, que pueden tener dimensiones que van de 10 a 50 μm , además de sílice pirogénico en partículas, típicas en microrrellenos, con dimensiones aproximadas de 0,04 a 0,06 μm .⁽¹⁹⁾

- **Resinas microhíbridas:** su relleno está compuesto por sílice coloidal y vidrios su relleno va de 0,4 a 1,0 μm llegando a una totalidad que abarca del 75 al 80 % del peso de la resina compuesta.⁽⁹⁾
- **Resinas de nanotecnología:** esta tecnología se presenta como nanocomposites y composites nanohíbrida, su relleno oscila entre 0,04-0,1 μm , tomando en cuenta que un nanómetro equivale a la millonésima parte de un milímetro.⁽⁹⁾
- **Resinas nanohíbridas:** difieren de las resinas de nanorelleno, en estas resinas se incorporan nanopartículas a la resina microhíbrida. En efecto, todo material híbrido que incluye sílice pirogénica entre 0,04 μm =40 nm puede identificarse como “nanohíbrido”.⁽¹⁹⁾

2.3 Resina compuesta empleada en la investigación

La resina Forma, un composite nanohíbrido de la marca ULTRADENT, que incluye un relleno de zirconio y, además, trifluoruro. Es conocida por su alta estética y versatilidad, permitiendo realizar restauraciones tanto directamente en boca como de manera indirecta, utilizando un modelo de estudio y luego enviándolo al laboratorio. Su fórmula incluye diversas moléculas que contribuyen a sus propiedades.⁽²⁰⁾

Este tipo de resina es un material estético y versátil que genera restauraciones con estándares de belleza utilizando un solo tono gracias a sus propiedades de opalescencia y translucidez, como también posee una gama de 17 colores entre esmalte y dentina.⁽²⁰⁾

El empleo de estas resinas está indicado en restauraciones directas o indirectas tanto en sector anterior como posterior. En los dientes presenta un equilibrio de translucidez entre esmalte y dentina generando resultados estéticos, mientras que en los dientes posteriores presenta buenas propiedades mecánicas y una resistencia adecuada.⁽²⁰⁾

2.4 Color

Hoy en día, los biomateriales dentales están diseñados para imitar la estética natural del diente. Un aspecto crucial de esta imitación es la selección del color. El color no solo es una percepción visual del observador, sino también una propiedad de las ondas

electromagnéticas. Según la Real Academia Española, el color es la percepción generada gracias a los rayos de luz que llegan a los órganos visuales, variando según la longitud de su onda. ⁽²¹⁾

En el año 1905, el estadounidense y pintor Albert Munsell desarrolló su sistema de color conocido como HSV (*Hue*: matiz, *Saturation*: saturación y *Value*: valor), que sigue utilizándose hoy en día. El matiz o llamado tonalidad, hace referencia al nombre del color y a la longitud de la onda específica (amarillo, rojo, azul o verde) que no es absorbida por los objetos, sino que se refleja hacia el ojo humano. ⁽²¹⁾

Actualmente, muchos sistemas de resinas utilizan aquella clasificación determinada por la escala *VITA Classical* (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemania) con el fin de determinar tonalidades. Esta escala incluye: A (marrón-rojizo), que abarca al 80 % de las personas; B (naranja-amarillo); C (gris-verdoso); y D (gris-rosado), que representa aproximadamente al 5 % de la población y se usa principalmente para la caracterización de colores. ⁽²¹⁾

2.5 Matiz

El matiz fundamental de la dentina se mide preferentemente a nivel de la zona centro del tercio cervical en la cara vestibular del diente, esto porque esta área tiene un espesor menor de esmalte y posee un volumen mayor de tejido dentinario. Por otro lado, el matiz del esmalte se evalúa en el tercio incisal o medio de las piezas dentales. ⁽²¹⁾

En muchos casos, el esmalte presenta tonalidades que son 2 o 3 veces más claras en comparación con la dentina. Esta diferencia de la intensidad del color se debe a las características estructurales y ópticas de cada tejido, que afectan la forma en que la luz interactúa con ellos y cómo se perciben sus colores. ⁽²¹⁾

2.6 Cromo

El croma (o *chroma*) se refiere a la saturación del color, la intensidad de su matiz o concentración de los pigmentos. En los sistemas de resinas, croma se clasifica mediante una escala numérica que va del 1 al 4. Durante el proceso de selección clínica del croma, esta puede realizarse mediante una comparación directa con escalas de colores físicas o de manera indirecta utilizando equipos especializados que ayudan a determinar la tonalidad exacta. ^(21,22)

Para seleccionar el croma, se debe comenzar por observar la zona cervical media del diente, ya que el tercio incisal y medio suelen tener un grado de saturación uno o dos niveles menor.⁽²¹⁾

2.7 Valor

El valor del color se refiere a su dimensión acromática, también conocida como brillo o luminosidad. Representa la cantidad de color negro y blanco que el objeto posee, lo que influye en la percepción de la profundidad o cercanía de este. El valor está asociado a la opacidad y la translucidez: un valor alto indica que el objeto será más opaco y blanquecino, mientras que un valor bajo sugiere que será más grisáceo o translúcido.⁽²¹⁾

El valor incluso se define como la habilidad del material para absorber o para reflejar la luz. En esencia, el material con un valor alto será más opaco y bloqueará más luz, mientras que un material con un valor bajo permitirá que pase más luz, lo que puede resultar en restauraciones con un tono más grisáceo si se utilizan resinas más translúcidas de manera incorrecta.⁽²¹⁾

2.8 Método para evaluar el color

En odontología, el método visual es una técnica subjetiva utilizada para la selección del color, basada en la comparación del tono del diente con guías de color que imitan el color de la pieza a restaurar. Factores como la edad, la luminosidad, la alteración del tono dental y la fatiga ocular pueden influir en la percepción del color. Por lo tanto, se recomienda realizar la evaluación del color bajo la luz solar alrededor del mediodía, aproximadamente a las 12:00 PM, para obtener resultados más precisos.⁽²²⁾

2.9 Resistencia flexural

La resistencia flexural, conocida también como módulo de rotura, corresponde a una medida clave en la evaluación de materiales utilizados en odontología y otras disciplinas. Este parámetro indica la habilidad del material para soportar o resistir la deformación cuando se coloca una carga a lo largo de su superficie. La resistencia flexural se determina al someter una muestra a una fuerza aplicada en su centro, lo que provoca dos tipos de deformaciones: compresión en el lado opuesto a la carga y tracción en el lado bajo la carga. La magnitud de

estas deformaciones proporciona una indicación de la capacidad del material para soportar esfuerzos sin fracturarse. ^(23, 24)

En odontología, la resistencia flexural es crucial para evaluar la durabilidad y la eficacia de materiales dentales, como resinas compuestas y cerámicas. Por ejemplo, en estudios sobre la resistencia flexural de resinas compuestas, se ha observado que estas propiedades están influenciadas por factores como la composición del material, tamaño y la distribución de las partículas de relleno, y el proceso de polimerización. ^(23, 24)

La resistencia a la flexión de las resinas compuestas puede variar ampliamente dependiendo de su formulación. Las resinas compuestas con partículas de relleno más grandes o con una mayor carga de relleno tienden a exhibir una mayor resistencia flexural. Sin embargo, es fundamental equilibrar esta propiedad con otras características como la estética y la facilidad de manejo para asegurar el éxito clínico a largo plazo. ⁽²⁵⁾

2.10 Termociclado

El termociclado en odontología es una técnica utilizada para simular las condiciones a las que las restauraciones dentales están expuestas en la cavidad oral. Este proceso implica someter las muestras a ciclos repetidos de cambios de temperatura, típicamente entre 5 y 55°C, para simular el efecto del calor y el frío en la vida real. El objetivo principal del termociclado es evaluar la durabilidad y la resistencia de los materiales dentales a la expansión y contracción térmica, factores críticos que afectan la longevidad y el rendimiento de las restauraciones. ⁽²⁶⁾

En la práctica clínica, el termociclado se utiliza para analizar la resistencia de materiales como resinas compuestas, cementos y cerámicas frente a la formación de microfiltraciones, fracturas y degradación del material. Los cambios de temperatura provocan ciclos de expansión y contracción en los materiales restauradores, lo que puede llevar a la aparición de fallos en las interfaces entre el material y el diente natural, afectando así la integridad de la restauración. ⁽²⁶⁾

El impacto del termociclado en las propiedades de los materiales dentales puede ser significativo. Por ejemplo, el ciclo térmico puede acelerar la formación de microfisuras y el desgaste de las superficies restauradas. Los estudios han demostrado que la resistencia al desgaste y la adhesión de los composites pueden verse afectadas negativamente por el termociclado, destacando la importancia de realizar pruebas de durabilidad bajo condiciones

simuladas de la vida real para garantizar la efectividad a largo plazo de las restauraciones dentales. (27, 28)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo *in vitro*, de corte transversal y tuvo un enfoque cuantitativo.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental. Se realizó un estudio *in vitro* que se llevó a cabo en un entorno controlado para garantizar que las muestras no se alteraran por factores externos. El estudio fue comparativo porque se evaluó la resistencia flexural y la estabilidad del color de un cerómero y una resina nanohíbrida con partículas de zirconio.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Se empleó como técnica de recolección de datos la observación y como instrumento la bitácora de laboratorio de acuerdo con cada variable analizada.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

En el estudio se trabajó con 30 muestras, 15 de cerómero Ceramage-Shofu (grupo 1) y 15 de resina nanohíbrida Forma-Ultradent (grupo 2).

3.5 Criterios de selección

Se seleccionaron bloques de 14 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de profundidad de los materiales Forma-Ultradent, una resina compuesta nanohíbrida con zirconio, y Ceramage-Shofu, un cerómero. Las muestras debían estar libres de burbujas, fracturas o grietas para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados.

3.7 Hipótesis

Hipótesis nula: No existe diferencia en la resistencia flexural entre el cerómero y la resina nanohíbrida con partículas de zirconio.

Hipótesis alternativa: Existe diferencia en la resistencia flexural entre el cerámico y la resina nanohíbrida con partículas de zirconio

3.8 Métodos de análisis, y procesamiento de datos

Los datos de esta investigación se procesaron mediante el programa Statistica (versión 7, 2004, StatSoft. Inc., Tulsa, USA) con un nivel de confianza del 95 %.

3.9 Procedimiento

3.9.1 Calibración de la lámpara de fotocurado

El uso del radiómetro Woodpecker modelo LM-1 permitió identificar que la lámpara Woodpecker O-light, con una longitud de onda de 950 nm, era la más adecuada para el estudio. Esto se debe a que emplear lámparas con longitudes de onda superiores a 750 nm es fundamental para garantizar un fotocurado completo y eficaz de ciertos materiales dentales, mejorando así la calidad final de la restauración.

Figura 1. Calibración de la lámpara de fotocurado.

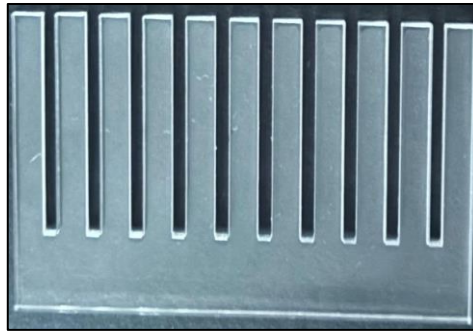


Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

3.9.2 Preparación de bloques

Se fabricó una matriz de acrílico de acuerdo con las especificaciones de la termocicladora de 14 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor.

Figura 2. Matriz de acrílico.

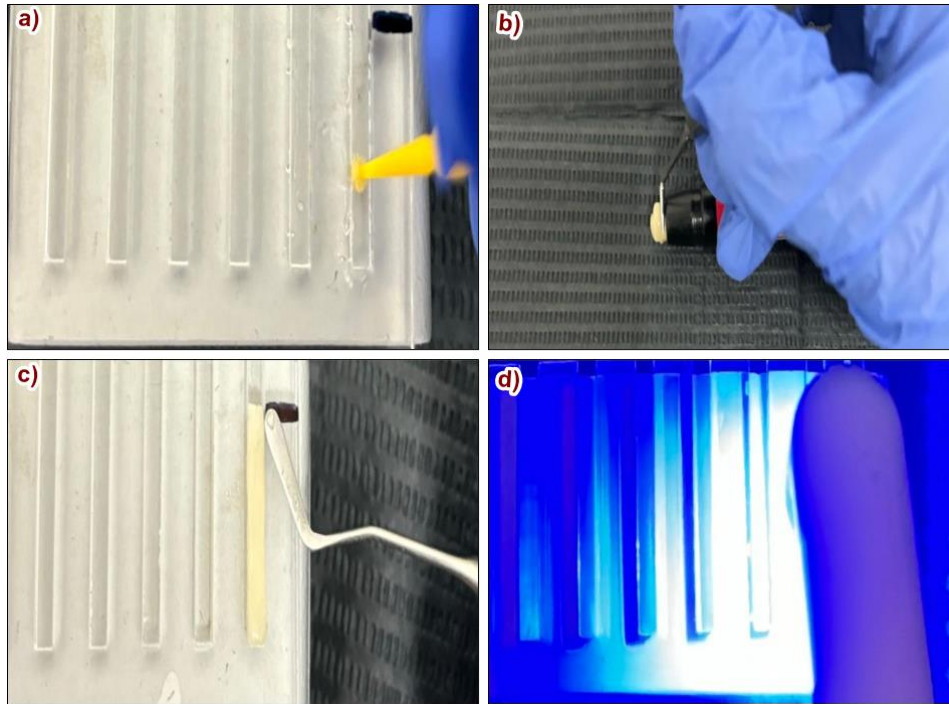


Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

3.9.3 Colocación del material en el molde de acrílico

En el grupo 1, correspondiente al cerómero Ceramage-Shofu, se empezó por aislar la matriz acrílica con glicerina y colocarla sobre una base de vidrio con el fin de asegurar una superficie uniforme y lisa. A continuación, se aplicó una capa uniforme de 2 mm de espesor de resina compuesta utilizando un gutaperchero, y se colocó una placa cubreobjetos para nivelar la superficie del material. Finalmente, se procedió a la fotopolimerización del material con una lámpara de luz LED (Woodpecker) durante 20 segundos.

Figura 3. Preparación de los bloques del cerómero Ceramage y la resina Forma, a) aislamiento con glicerina; b) toma del material; c) colocación del material en la matriz acrílica; d) fotopolimerización.



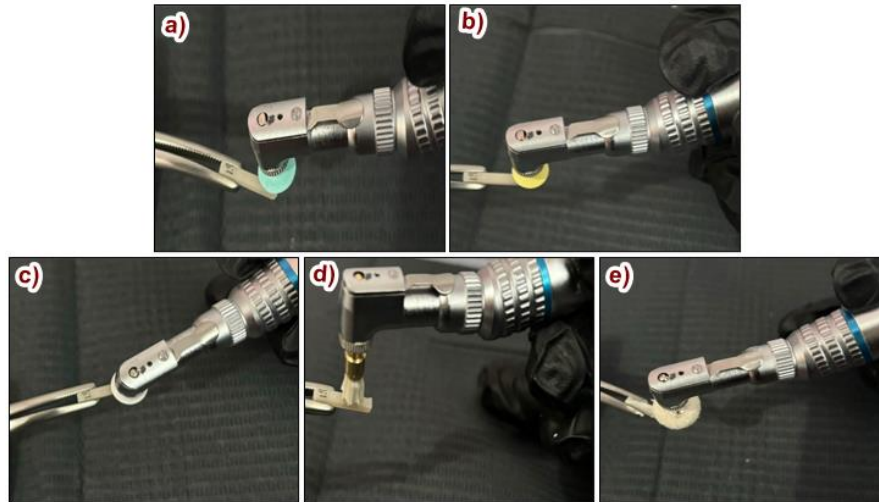
Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

Para el grupo 2 (resina nanohíbrida con partículas de zirconio Forma-Ultradent) se realizó el mismo procedimiento descrito para el cerómero y finalmente se fotopolimerizó con la lámpara de luz led (Woodpecker) durante 20 segundos.

3.9.4 Acabado y pulido de las muestras

El pulido de los bloques de cerómero y resina nanohíbrida con partículas de zirconio se realizó con el Kit de pulido MICRODONT.

Figura 4. Pulido de los fragmentos de cerómero Ceramage y resina Forma, a) pulido con disco de goma color verde; b) pulido con disco de goma color amarillo; c) pulido con disco de goma color blanco; d) pulido con astrobrush y pasta de piedra pómez; e) pulido final con rueda de felpa.



Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

3.9.5 Calibración de las muestras

Una vez finalizada la elaboración de todas las muestras, se verificó la dimensión de las muestras mediante un calibrador digital de fibras de carbono, con una resolución de 0,1 mm/0,01" y una precisión de $\pm 0,2$ mm/0,01". Se comprobó que las medidas correspondieran a 14 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor.

Figura 5. Calibración de las muestras, a) largo; b) ancho; c) espesor.

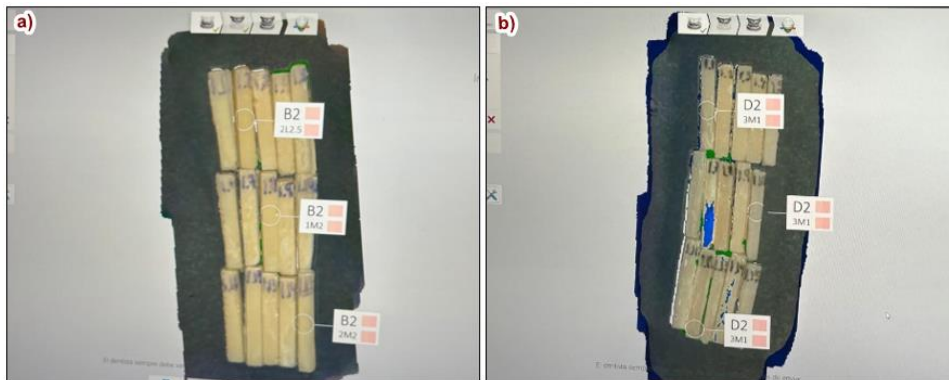


Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

3.9.6 Toma de color y termociclado de las muestras

El color inicial, previo al termociclado, se determinó a través de un escáner intraoral (*3Shape Trios-Dentadec*).

Figura 6. Determinación de color, a) cerámico; b) resina compuesta.



Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

Luego, las muestras fueron sometidas al proceso de termociclado utilizando el equipo Thermo Fisher Scientific. Cada muestra se colocó en un tubo Eppendorf con agua destilada. La máquina termocicladora se programó para realizar 5000 ciclos. Cada ciclo de 15 segundos a 5 °C, 15 segundos a 37 °C y 15 segundos a 55 °C durante un período de 17 días. Este procedimiento simuló el ambiente bucal y envejeció el material, siendo equivalente a un período de 5 años.

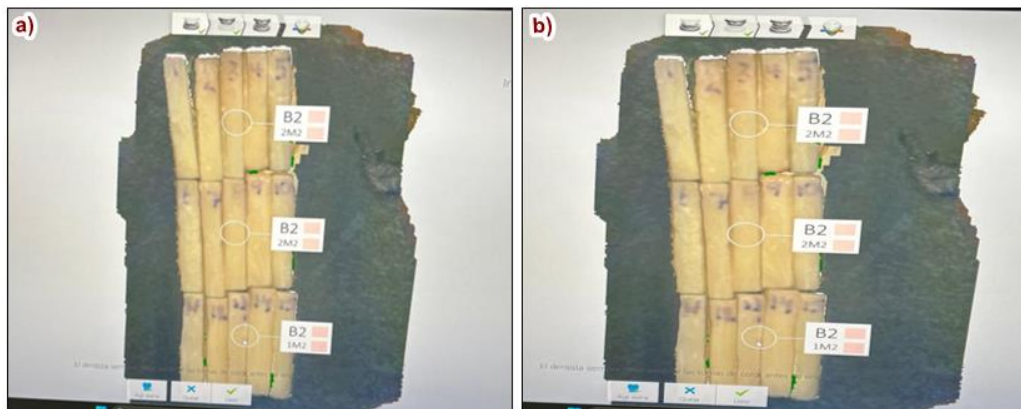
Figura 7. Termociclado de las muestras.



Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

Una vez finalizado el proceso de termociclado, se realizó una segunda toma de color utilizando un escáner intraoral (3Shape Trios-Dentadec) para determinar la variación de color. Posteriormente, se llevó a cabo la prueba de resistencia flexural en el laboratorio del Instituto Superior Universitario Carlos Cisneros (ISUCC), empleando la máquina de ensayos universal (EUROTEST-200).

Figura 8. Determinación de color, a) cerómero termociclado; b) resina compuesta termociclada.



Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

La fuerza (N) empleada en cada muestra se registró mediante el programa Ibertest perteneciente a la máquina universal EUROTEST-200. Los resultados de las muestras se convirtieron a MPa.

Figura 9. Máquina de ensayos Universal EUROTTEST-200.



Elaborado por: Sarah Espín y Nicole Infante.

Cálculo de la resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión (σ) de la presente investigación se calculó al posicionar las probetas del cerómero y resina en un aditamento específico para el tamaño de la muestra sobre un soporte que contó con dos apoyos a una distancia de 14 mm entre sí; donde se realizó el ensayo de resistencia a la flexión en 3 puntos, se efectuó la fuerza en el punto central.

La resistencia a la flexión (σ) del cerómero y la resina se calcularon a través de la siguiente fórmula ⁽²⁹⁾:

$$Esfuerzo (\sigma) = \frac{3.F.L}{2.a^3}$$

Donde:

σ = Resistencia a la flexión.

F= Fuerza.

L= Longitud.

a=Lado.

3.10 Análisis estadístico

Para analizar la resistencia flexural de los dos materiales, se emplearon varios métodos estadísticos utilizando el programa Statistica (versión 7, 2004, StatSoft. Inc., Tulsa, USA) con un nivel de confianza del 95 %. Primero, se ejecutó el análisis descriptivo de los datos registrados para determinar medidas como la media, mediana y desviación estándar, proporcionando una visión general de la distribución y tendencia central de las resistencias flexurales. Luego, se elaboraron diagramas de frecuencias para observar cómo se distribuyen los datos e identificar posibles patrones o anomalías. Posteriormente, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos, lo cual es crucial para determinar la adecuación de los análisis posteriores. Finalmente, se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA) simple para contrastar las medias de resistencia flexural entre los dos materiales, identificando diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

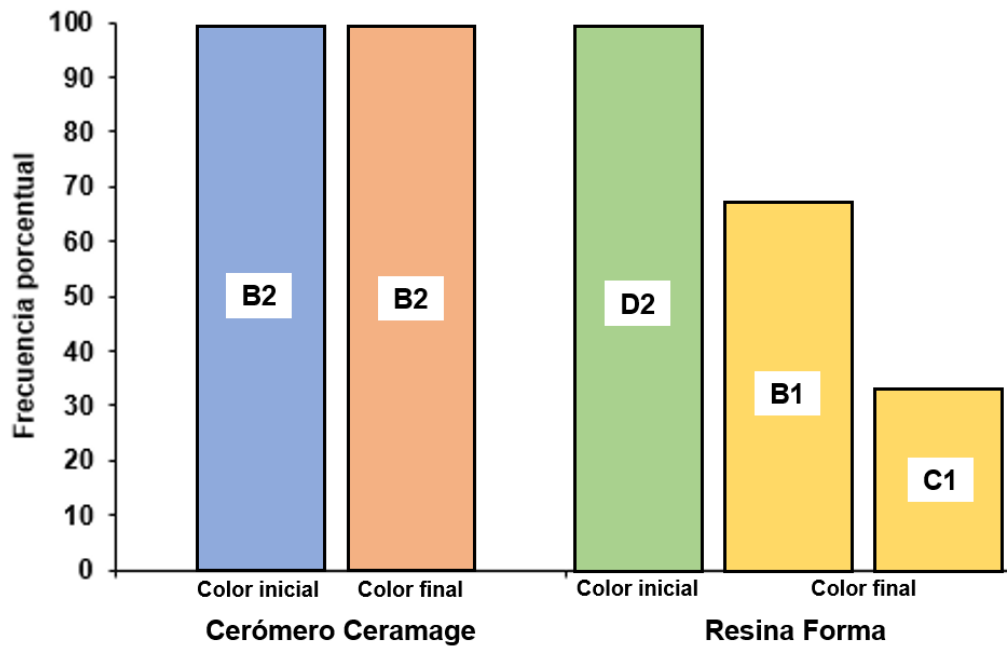
Se determinó el color de las muestras antes y después del termociclado. Los resultados se muestran en la Tabla 1. Se visualiza que, en el caso del cerómero Ceramage, todas las muestras conservaron su color inicial B2 después del termociclado. En contraste, las resinas que inicialmente presentaban el color D2 mostraron cambios en su coloración. El 33,3 % de las muestras se transformó en C1 y el 66,7 % restante en B1. Esto indica que las muestras de resina experimentaron una varianza en el color, a diferencia del grupo de cerómero, que no mostró cambios en la varianza del color.

Tabla 1. Color de cerómero Ceramage y resina Forma antes y después del termociclado

Material	Escala de color	Color inicial		Color final	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Cerómero Ceramage	B1	-	-	-	-
	B2	15	100	15	100
	C1	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-
Resina Forma	B1	-	-	10	66,7
	B2	-	-	-	-
	C1	-	-	5	33,3
	D2	15	100	-	-

Elaborado por: Autores

Figura 10. Color de cerómero Ceramage y resina Forma antes y después del termociclado



Elaborado por: Autores.

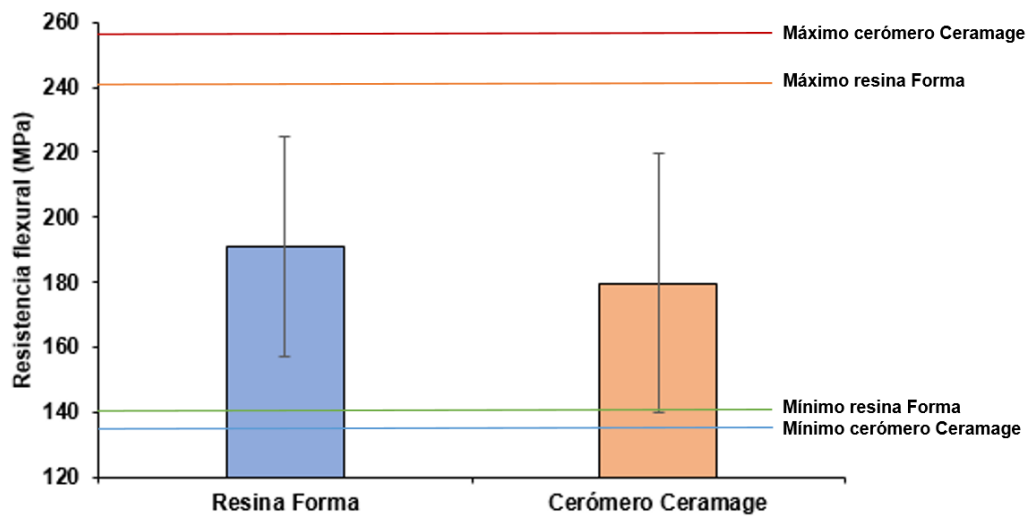
La estadística descriptiva es crucial en la investigación científica porque permite resumir y organizar grandes volúmenes de datos para hacerlos más comprensibles. Proporciona herramientas para calcular medidas de tendencia central, tales como la mediana y media, y de dispersión, tal como la desviación estándar, facilitando la interpretación y análisis inicial de los datos. Además, ayuda a visualizar datos a través de gráficos, lo que mejora la comunicación y comprensión de los resultados. La Tabla 2 muestra los parámetros descriptivos de la resina forma y el cerómero.

Tabla 2. Estadísticas de tendencia central

Parámetro	Resistencia flexural	
	Resina Forma	Cerómero Ceramage
Media (MPa)	190,925	179,655
Desviación estándar (MPa)	33,618	39,732
Coefficiente de variación (%)	17,6	22,1
Mínimo (MPa)	141,75	135,45
Máximo (MPa)	240,45	256,20
Mediana (MPa)	200,025	164,85
Varianza (MPa ²)	1130,1675	1578,6304
Intervalo de confianza (95 %)	190,925 ± 18,617	179,655 ± 22,003

Elaborado por: Autores.

Figura 11. Resistencia flexural de la resina Forma y el cerómero Ceramage. Las barras de error indican desviación estándar.



Elaborado por: Autores.

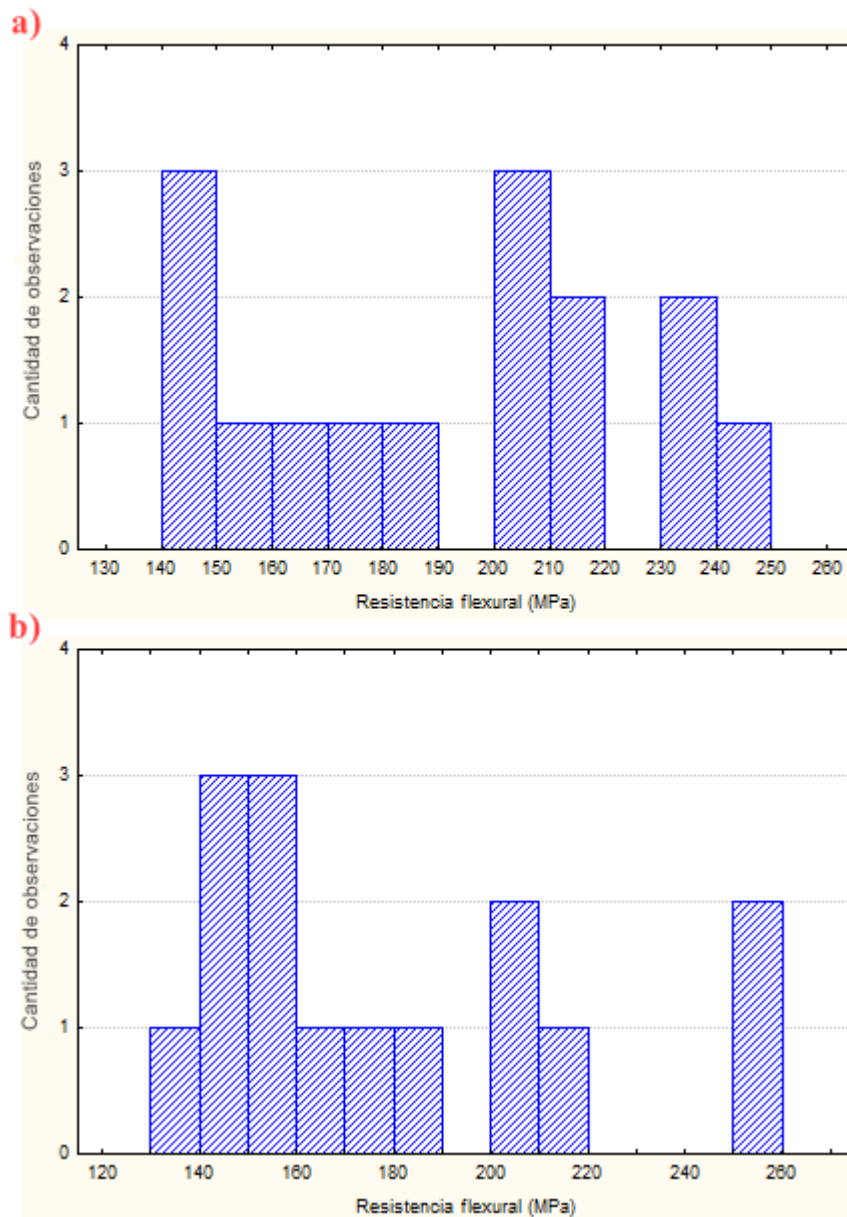
Como se observa en la Tabla 2 la resina Forma tiene una media más alta que el cerómero Ceramage, lo que sugiere que la resina tiene una mayor resistencia flexural. Además, la mediana del cerómero es menor que la de la resina lo que indica que la mitad de las mediciones del cerómero están por debajo de una resistencia flexural menor en comparación con la mediana de la resina.

Tanto la varianza como la desviación estándar son medidas de dispersión. Como se muestra en la Tabla 2, los valores son mayores para el cerómero, lo que sugiere una mayor variabilidad en la resistencia flexural en relación con la resina. Los intervalos de confianza se superponen lo que indica que aunque hay diferencias, no se puede afirmar con certeza que una media sea significativamente diferente de la otra solo basándonos en estos intervalos.

En resumen, la resina Forma muestra una resistencia flexural promedio más alta y menos variabilidad en comparación con el cerómero Ceramage, pero la diferencia no es tan amplia como para ser concluyente sin un análisis más profundo.

La Figura 12 muestra el diagrama de frecuencias absolutas de los valores de resistencia flexural de ambos materiales. Se puede observar que los valores están más concentrados en ciertos intervalos, lo que sugiere consistencia y variabilidad de la resistencia flexural.

Figura 12. Diagrama de frecuencias absolutas para los valores de resistencia flexural de los materiales, a) Resina Forma; b) Cerómero Ceramage.



Elaborado por: Autores.

La prueba de Shapiro-Wilk se define como una herramienta estadística utilizada para definir si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Esta prueba es especialmente útil en estadística inferencial para validar la suposición de normalidad, requisito común para muchas técnicas estadísticas, como la prueba t y el análisis de la varianza (ANOVA). La prueba de Shapiro-Wilk es adecuada tanto para muestras pequeñas como grandes, aunque se destaca por su alta potencia en muestras pequeñas (menos de 50 observaciones).

La hipótesis nula de la prueba establece que los datos proceden de una distribución normal. Cuando el valor p es menor al nivel de significancia (comúnmente 0,05), se refuta la hipótesis nula, indicando que los datos no mantienen la distribución normal. Si el valor p es mayor, no existe evidencia suficiente para que se rechace la hipótesis nula, sugiriendo que los datos podrían seguir una distribución normal.

La prueba de Shapiro-Wilk comprueba la distribución normal de los datos, tal como se observa en la Tabla 3. Para realizarla los grados de libertad (df) se calculan como el tamaño de la muestra menos uno. Esto se debe a que se estima un parámetro (la media) a partir de los datos. Por lo tanto, para los datos proporcionados, los grados de libertad serían 14.

Tabla 3. Comprobación de normalidad para la resistencia flexural de ambos materiales mediante la prueba de Shapiro-Wilk

Material	Estadístico W	Grados de libertad	Significancia p
Cerómero Ceramage	0,8823	14	0,0513
Resina Forma	0,9319	14	0,2908

Elaborado por: Autores.

Para la resina Forma el valor p es mayor que 0,05, dado que este valor es mayor que el nivel de significancia, no se refuta la hipótesis de que los datos mantienen una distribución normal. Por ello, se puede concluir que los datos de resistencia flexural de este material siguen una distribución normal.

En cuanto al cerómero Ceramage, el valor p (0,0513) es ligeramente mayor que 0,05 pero muy cercano a este umbral. Esto sugiere que los datos de este material están en el límite de seguir una distribución normal, por lo tanto, se debe interpretar con precaución los resultados.

El análisis de varianza (ANOVA) se define como la técnica estadística usada para contrastar las medias de tres o más grupos con el fin de evidenciar si existen diferencias significativas entre estos. Su propósito principal es evaluar el impacto de una o más variables independientes sobre la variable dependiente, lo cual es crucial para el diseño de experimentos y la validación de hipótesis en investigaciones científicas y estudios de

mercado. La Tabla 4 muestra el análisis de varianza para la resistencia flexural de ambos materiales.

Tabla 4. Análisis de varianza para la resistencia flexural de ambos materiales

Efecto	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	<i>p</i>
Intercepto	1029972	1	1029972	760,4639	0,000000
Material	953	1	953	0,7033	0,408768
Error	37923	28	1354		

Elaborado por: Autores

El valor p (0,408768) es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado (0,05), lo que sugiere que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las resistencias flexurales de los dos materiales. En este sentido, los datos no proporcionan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las medias de resistencia flexural de los dos materiales son iguales.

4.2 Discusión

El color se considera como una de las propiedades más relevantes en la estética de los composites, los cuales están formulados con una variedad de pigmentos y materiales que permiten una amplia gama de tonos para coincidir con el color natural de los dientes. Además, otras cualidades fundamentales son la biocompatibilidad y resistencia flexural, siendo características elementales al momento de elegir un material restaurador. ⁽³⁰⁾

En la investigación de Quisiguiña y Zurita ⁽⁶⁾ se estudió materiales para restauraciones dentales indirectas, donde se evaluó la estabilidad del color en muestras de cerómero Ceramage-Shofu (GE1) y resina híbrida P60/3M (GE2). Se trabajó con 30 muestras que se dividieron en 2 grupos de 15 bloques. Se realizaron pruebas iniciales de color empleando un colorímetro digital (VITA Easyshade) y se ejecutó un proceso de termociclado por un periodo de 15 días, efectuando 10000 ciclos de 1'30" divididos en instantes de 30" (calor a 55°C, frío a 4°C y temperatura ambiente) con el fin de envejecer las muestras a un tiempo equivalente de 5 años.

Los resultados revelaron que GE1 partió del color A1(100%) y tras el termociclado cambió a B2 (80%) y A1 (20%). Mientras que, GE2 tenía un color inicial B1 (100%) y tras el termociclado cambió a B3-B4 (53,3%), B3 (40%) y B4 (6,7%). Se determinó que GE2 tuvo una mayor variación del color. Esto difiere del presente trabajo que evidenció lo siguiente: la resina Forma (G2) que inicialmente presentó el color D2 (100%) cambió a C1 (33,3%) y B1 (66,7%); el cerómero Ceramage (G1) en todas sus muestras conservó el color inicial B2 (100%) tras el proceso de termociclado, destacando que la resina experimentó una varianza en el color. Los cambios observados en ambos estudios discrepan, esto puede deberse a que el proceso de termociclado fue distinto en cuanto al número de ciclos.

En el estudio de Medrano, et al. ⁽³¹⁾ se analizó 48 muestras de 3 resinas nanohíbridas: Brilliant NG (GE1), Tetric N-Ceram (GE2) y Solare X (GE3), que se sumergieron en bebidas pigmentantes (café, té de jamaica, Coca Cola, vino tinto, jugo de naranja) y agua purificada. Se dividieron en 5 grupos de 3 muestras de cada marca por solución pigmentante, el grupo control (G4) tuvo 3 muestras sumergidas en agua purificada. Las muestras inmersas en soluciones pigmentantes fueron introducidas en un termostato (MEMMERT) a 37°C, con el fin de acelerar el deterioro químico de la resina durante 2 semanas. Para la medición del color se utilizó los colorímetros VITA Easyshade V y Vita 3D Master.

Los resultados mostraron que el vino pigmentó mayormente a GE3 de un color inicial B1 (66,7%) y A1 (33,3%) a un color final A4 (66,7%) y C4 (33,3%). El té de jamaica generó mayor pigmentación en GE2 de un color inicial B1 (100%) a un color final A4 (66,7%) y C4 (33,3%). El jugo de naranja provocó el mayor cambio en GE1 de un color inicial B1 (66,7%) y A1 (33,3%) a un color final B3 (100%). El café pigmentó en mayor medida a GE2 de un color inicial B1 (100%) a un color final A4 (66,7%) y B3 (33,3%). La Coca-Cola produjo mayor cambio en GE2 de un color inicial B1 (100%) a un color final A3 (66,7%) y B3 (33,3%). G4 partió de un color inicial B1(100%) y cambió a B2 (33,3%) y A1 (66,7%).

Dichos resultados presentan una concordancia con el presente estudio que mostró que la resina Forma (G2) que inicialmente fue de color D2 (100%) cambió a C1 (33,3%) y B1 (66,7%); mientras que, el cerómero Ceramage (G1) conservó el color inicial B2 (100%) aun después del termociclado; observando que G2 sufrió variación de color. Esto puede deberse a que las muestras de Medrano, et al. ⁽³¹⁾ fueron introducidas en sustancias pigmentantes y en un termostato a una temperatura estable, en contraste con este trabajo en el cual las muestras sumergidas en agua destilada y tras el proceso de termociclado experimentaron cambios de temperatura simulando el medio bucal por un tiempo equivalente a 5 años.

El en estudio de Saltos ⁽³²⁾ se evaluaron 50 discos de resina Opallis (FGM) y Filtek Z250 XT (3M) divididos en: G1 (Coca-Cola) subdividido en G1O y G1F según la marca de la resina; G2 (Vive-100) subdividido en G2O y G2F; y G3 (control en agua destilada) subdividido en G3O y G3F. Se utilizó el colorímetro digital Vita Easyshade para la calibración del color inicial tras estar las muestras sumergidas por 24h en agua destilada. Posteriormente se introdujeron los discos en 20 ml de cada bebida durante 30 días y se realizó la toma final del color. Los resultados mostraron que G1O tuvo un color inicial A2 (100%) y un color final B3 (70%) y C2 (30%); G2O evidenció un color inicial A2 (100%) y un color final B3 (90%) y C3 (10%); G1F expuso un color inicial A2 (100%) y un color final B3 (60%) y B4 (40%); G2F de un color inicial A2 (100%) cambió a B3 (100%); mientras que, G3 no mostró cambio de color.

Coincidiendo con los cambios observados en el presente trabajo que evidenció que la resina Forma (G2) fue de un color inicial D2 (100%) a C1 (33,3%) y B1 (66,7%); en tanto que, el cerómero Ceramage (G1) mantuvo el color inicial B2 (100%) pese al proceso de termociclado; notando que la resina sufrió una variación en el color. Las similitudes pudieron ocurrir debido a que en el estudio de Saltos ⁽³²⁾ las muestras fueron sumergidas en bebidas carbonatadas pigmentantes en un ambiente no simulado al medio bucal. Cabe señalar que

las muestras de la presente investigación fueron sumergidas en agua destilada e introducidas en el termociclador, en el cual sufrieron cambios de temperatura para simular el medio bucal y así envejecer el material (5 años) para finalmente comparar el color inicial con el color final.

La resistencia flexural de las resinas odontológicas es una medida crucial de su capacidad para soportar fuerzas sin fracturarse, criterio esencial para su durabilidad y funcionalidad en restauraciones dentales. Esta propiedad se evalúa mediante pruebas que aplican una carga gradual sobre una muestra de resina hasta que se produce su fractura, permitiendo determinar su resistencia máxima a la flexión. Según Ferracane ⁽³³⁾, las resinas compuestas modernas han mejorado significativamente su resistencia flexural, lo que contribuye a su éxito clínico en diversas aplicaciones odontológicas

En investigaciones efectuadas por Quisiguiña y Zurita ⁽⁶⁾ se analizó la resistencia flexural en resinas híbridas y cerómeros como materiales para restauraciones indirectas. Elaboraron 30 muestras organizadas en 2 grupos de 15 probetas cada uno: (GE1) cerómero Ceramage-Shofu y (GE2) resina Filtek P60/3M. Para simular el ambiente bucal se efectuó un proceso de termociclado durante 15 días, realizando 10000 ciclos de 1'30" divididos en momentos de 30" (calor a 55°C, frío a 4°C y temperatura ambiente). Posteriormente se utilizó la máquina de ensayos universales (Instron) verificándose diferencias significativas, donde el grupo GE2 cerómero (153,95 MPa) obtuvo resultados superiores al GE1 resina (113,00 MPa).

Los resultados de dicho estudio difieren con la presente investigación, la cual muestra que los valores obtenidos de la resistencia flexural del grupo 1 cerómero Ceramage-Shofu (179,655 MPa) son inferiores al grupo 2 resina Forma-Ultradent (190,925 MPa) pero la diferencia de estos valores no es estadísticamente significativa. Esto puede deberse al tiempo de termociclado al que se expusieron las muestras, en este caso se efectuaron 5000 ciclos, mientras que en la investigación de Quisiguiña y Zurita ⁽⁶⁾ fueron 10000 ciclos.

Ramos ⁽³⁴⁾ analizó 60 probetas de resina nanohíbrida (Micerium) y cerómero (Magna), divididas en 4 grupos: GE1 (control resina) sin precalentamiento, GE2 (resina termo modificada en el equipo Ena Heat Calentador a una temperatura de 55°), GE3 (cerómero control) sin precalentamiento, GE4 (cerómero termo modificado). Los bloques fueron sometidos al equipo de ensayos universal (Polímeros metrotest 50KN modelo MTE50). Los materiales mostraron una resistencia flexural en el cerómero de 158,55 MPa y en la resina control de 166,85 MPa, mientras que, el cerómero precalentado presentó 176,32 MPa y la resina precalentada 185,79 MPa.

El grupo GE2 expuso mejores propiedades físicas, seguido de GE4, continuando con GE1 y finalmente GE3. Los valores mostraron que GE1(166,85 MPa) y GE2 (185,79 MPa) tuvieron una menor resistencia flexural en comparación con la resina termociclada de la presente investigación (190,925 MPa). Por su parte, GE3 (158,55 MPa) y GE4 (176,32 MPa) tuvieron una resistencia flexural menor en comparación con el cerómero termociclado (179,655 MPa). Sin embargo, en ambos estudios se observa que el comportamiento de los grupos resina independientemente del proceso de precalentamiento o termociclado aplicados es superior a los grupos cerómero, pero las diferencias no son estadísticamente significativas.

Monteza et al. ⁽³⁵⁾ realizaron un estudio con 60 bloques de composite nanohíbrido (Tetric® N-Ceram Bulk Fill), repartidos en 3 grupos de 20 muestras: grupo control, grupo experimental 1 (GE1, introducidos en agua a 60 °C durante 60 minutos) y grupo experimental 2 (GE2, sometidos a calor seco a 120 °C durante 10 minutos). Se empleó la máquina de Ensayos Universal (MARSHALL PS25) cuyos resultados mostraron que la resistencia a la flexión se evidenció en valores de 111,19035 MPa en el grupo control, 105,30630 MPa en el GE1 y 115,61820 MPa en el GE2, destacando que el proceso de termopolimerización adicional por calor seco mejoró la resistencia flexural, cabe indicar que las diferencias entre mencionados grupos no fueron estadísticamente significativas.

Dicha investigación difiere con el presente estudio donde se observó que la resina nanohíbrida obtuvo un valor de 190,925 MPa. Además, esto se comparó con el valor del cerómero (179,655 MPa) que mostró una menor resistencia a la flexión. La diferencia puede deberse a que, en el trabajo de Monteza et al. ⁽³⁵⁾ se efectuaron técnicas de polimerización adicional, pero no se realizó un proceso de termociclado como en la investigación en curso.

En la investigación de Villa ⁽³⁶⁾ se analizó 54 muestras de resina nanohíbrida, divididas en 3 grupos de 18 bloques y subdivididos en 3 grupos de 6 muestras, de los cuales algunos de ellos fueron termo modificados durante 30 minutos en el calentador de composite ENA HEAT CHC3-MICERIUM: Micerium: GM1 (temperatura ambiente), GM2 (39°C) y GM3 (55°C); Filtek Z350-3M: GF1 (temperatura ambiente), GF2 (39°C) y GF3 (55°C); Amaris-Voco: GA1 (temperatura ambiente), GA2 (39°C) y GA3 (55°C). Posteriormente, se realizó el análisis de resistencia a la flexión utilizando la máquina universal MARSHALL PS25.

Los resultados evidenciaron los siguientes valores (mediana) de resistencia flexural en la resina Micerium: (GM1) 73,40 MPa; (GM2) 95,41 MPa y (GM3) 76,73 MPa; en tanto que, en la resina Filtek Z350: (GF1) 102,09 MPa; (GF2) 60,05 MPa y (GF3) 79,40 MPa; y, en la resina Amaris: (GA1) 68,73 MPa; (GA2) 60,05 MPa y (GA3) 70,73 MPa. Dichos resultados

demuestran que existieron diferencias estadísticamente significativas. Por lo tanto, se identificó que GF1 (102,09 MPa) mostró el mejor comportamiento y propiedades mecánicas a pesar de no experimentar termo modificación; por su parte, GM2 (95,41 MPa) y GA3 (68,73 MPa) mejoraron su resistencia flexural al someterse a termo modificación. Destacando que, el proceso de termo modificación puede incrementar la resistencia flexural en algunas marcas de resina, pero en otras resulta más beneficioso utilizar el material a temperatura ambiente.

El estudio de Villa ⁽³⁶⁾ manifiesta discordancia con la presente investigación que mostró que los valores (mediana) de la resina Forma-Ultradent (G2: 200,025 MPa) fueron superiores pese a que el material fue sometido a un proceso de termociclado por un periodo de tiempo equivalente a 5 años. La diferencia puede deberse a la marca comercial de las resinas nanohíbridas utilizadas en cada investigación.

Castro ⁽³⁷⁾ estudió 40 probetas circulares divididos en 4 grupos: GE1, 10 muestras de composites nanohíbridos bulk-fill sometidos a precalentamiento (ANNWAH, CHINA) a 68°C durante 15 minutos; GE2, 10 muestras de composites nanohíbridos convencionales precalentadas con el mismo proceso que GE1; GE3, 10 composites nanohíbridos bulk-fill sin precalentamiento y GE4, 10 muestras de composites nanohíbridos convencionales sin precalentamiento.

A continuación, se sometió las muestras a una máquina universal de ensayos (Simadzu), cuyos resultados mostraron valores de resistencia flexural en GE1 que obtuvo valores de 168,2 MPa, seguido del grupo GE2 con resultados de 164,0 MPa, continuando con los valores de GE3 con 156,3 MPa, y por último GE4 que arrojó como resultado 152,5 MPa. Determinado que el grupo GE1 resina bulk-fill precalentada obtuvo resultados ligeramente superiores a los demás grupos, pero no fue estadísticamente significativo.

Los valores de la investigación de Castro ⁽³⁷⁾ difieren del presente trabajo, de manera que, las resinas nanohíbridas muestran una resistencia flexural promedio de 190,925 MPa, pese al proceso de termociclado, y en el estudio de Castro ⁽³⁷⁾ las resinas nanohíbridas convencionales presentaron resultados inferiores con una resistencia flexural de 164,0 MPa y 152,5 MPa asociadas o no a precalentamiento respectivamente. La diferencia de estos resultados puede deberse en gran medida a la marca comercial de los composites nanohíbridos o puede estar asociado a los procesos de termociclado al que fueron sometidas las muestras.

Adicionalmente se puede comparar la resistencia flexural de las resinas nanohíbridas y el cerómero estudiado en esta investigación, observando que sus valores son ligeramente inferiores, pero no son estadísticamente significativos.

Bajo este preámbulo se sugiere ampliar la investigación en el tema con la finalidad de conocer el comportamiento de los materiales dentales al someterlos a diversos ensayos para verificar y comparar sus propiedades; de manera que, al observar los resultados se pueda establecer un criterio que permita tomar decisiones acertadas al momento de seleccionar el material adecuado en función de la necesidad de cada caso.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El cerómero Ceramage mantuvo su color inicial B2 después del termociclado, mientras que la resina Forma cambió significativamente de un color D2 a C1 en el 33,3 % de las muestras y a B1 en el 66,7 % restante. Esto sugiere que el cerómero Ceramage tiene una mayor estabilidad en el color en comparación con la resina Forma bajo las condiciones de prueba.
- La resina Forma presentó una resistencia flexural promedio ligeramente superior (190,925 MPa) comparada con el cerómero Ceramage (179,655 MPa). La resina Forma también mostró menor variabilidad en su resistencia flexural. Sin embargo, el rango de resistencia flexural y el valor máximo fueron similares para ambos materiales, lo cual no fue estadísticamente significativo.
- A pesar de que ambos materiales mostraron valores similares de resistencia flexural, el cerómero Ceramage se destacó como la opción preferida para restauraciones indirectas debido a su estabilidad de color frente al termociclado.

5.2. Recomendaciones

- Basado en la estabilidad del color, el cerómero puede ser considerado como la primera opción en aplicaciones donde la conservación del color sea crítica, por lo cual, se recomienda considerar el cerómero debido a su mejor estabilidad de color en comparación con la resina.
- Si la resistencia flexural es la principal preocupación en la confección de restauraciones indirectas, tanto el cerómero como la resina podrían ser opciones viables, ya que no se evidenciaron diferencias significativas en su módulo de resistencia flexural.
- Se recomienda incluir un grupo control adicional en futuros estudios para evaluar mejor el impacto de las condiciones de prueba de resistencia flexural de los materiales. Esto permitirá una comparación directa con un grupo no tratado y proporcionará una referencia más precisa para interpretar los efectos de los tratamientos aplicados. La inclusión de este grupo ayudará a distinguir entre los efectos experimentales y las variaciones inherentes a los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez L. Incrustaciones de resina con el método directo-indirecto. *RODYB*. 2014;3(3):12-22.
2. Bonilla A, Franco Y, Lara S, Peña D, Reyes L, Gil J, et al. Comparación in vitro de la resistencia a la fractura ante carga compresiva y la dureza de dos cerómeros y dos resinas empacables con y sin tratamiento térmico. *Ustasalud*. 2011;10(1):36-42.
3. Yaya A. Uso del cerómero como alternativa en la reconstrucción de molares con incrustaciones tipo inlay [tesis]. Universidad Peruana Los Andes; n.d.
4. Moncada G, Vildósola P, Fernández E, Estay J, De Oliveira-Junior O, Martin J. Aumento de longevidad de restauraciones de resinas compuestas y de su unión adhesiva. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia*. 2015;27(127).
5. Jinez P. Microfiltración marginal en cavidades clase II restauradas con resinas nano híbridas vs. resinas nano híbridas bulk fill: Estudio in vitro. *Odontología*. 2020;22(1):57-65.
6. Quisiguiña M, Zurita M. Resistencia flexural y estabilidad de color en resinas híbridas y cerómeros empleadas en. *Rev Eugenio Espejo*. 2020;14(1):95-102.
7. Marín M, Orozco L, Fernández J, Juárez M. Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación. *Rev Odontol Mex*. 2022;26(1):41-50.
8. Risco G, Álvarez E. Microfiltración marginal en incrustaciones de cerómero tipo table top cementadas con cementos resinosos: autograbantes, universales y resina termoplastificada. *Rev Odontol Univ Central Ecuador*. 2019;21(2):69-85.
9. Villagrán A, Ramírez J. Resistencia a la flexión, a la abrasión y sorción acuosa de tres diferentes marcas comerciales de materiales utilizados para restauraciones indirectas: Un estudio comparativo. *Rev Int Prótesis Estomatológica*. 2008;10(1):53-57.
10. Montemezzo S, Silva F, Martin J, Bondarczuk A, Marcos A. Onlay em Cerômero – uma Revisão Aplicada à Clínica. *Rev Iberoam Prótese Clín Lab*. 2004;6(32):396-408.
11. De la Torre J. Resistencia compresiva: estudio comparativo in vitro entre un cerómero y una resina de nanotecnología sometida a dos tipos de complementación de polimerización [tesis]. Universidad Central del Ecuador; n.d.

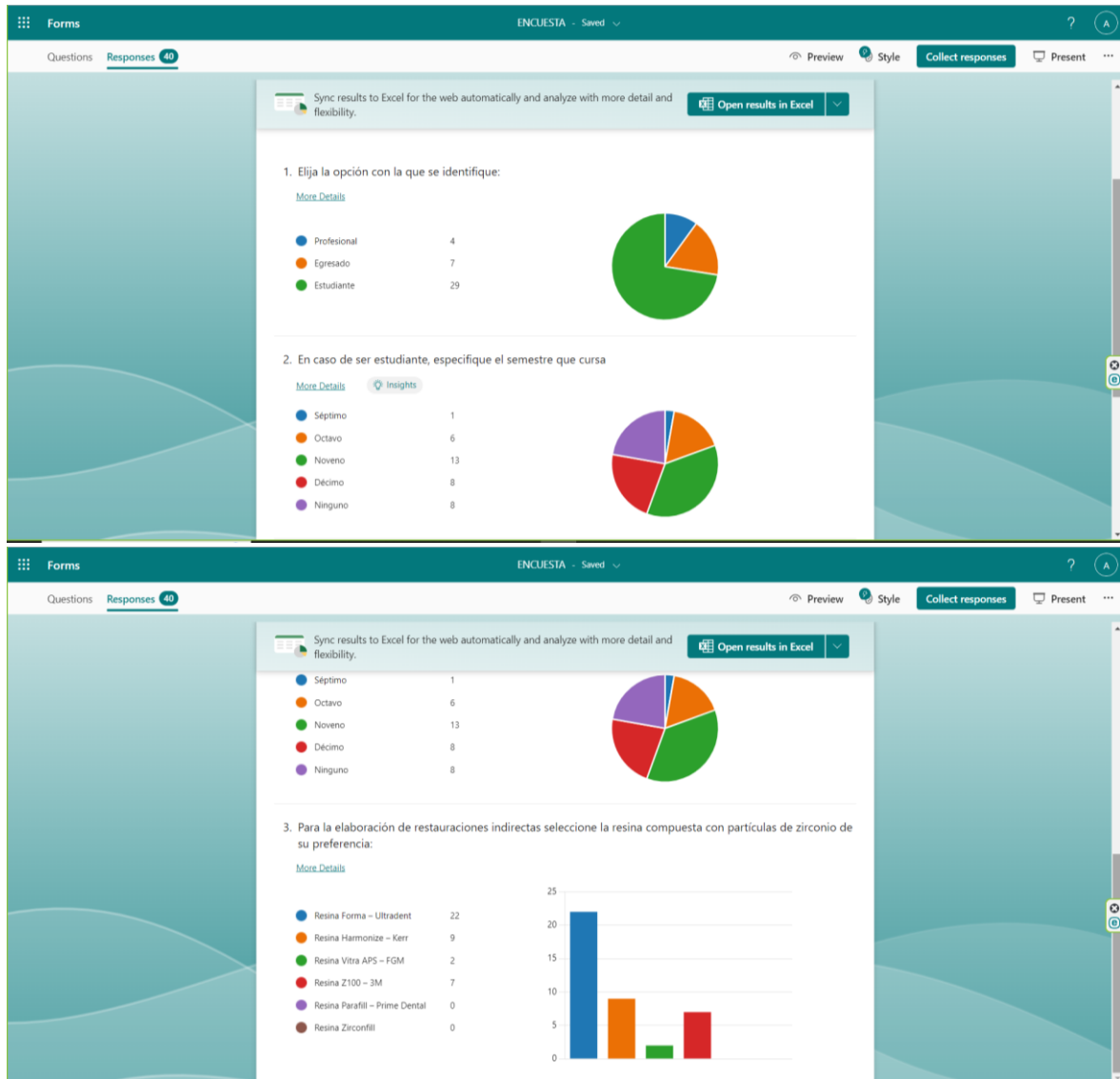
12. Zenni L, Pisani-Proença J, Guilherme M, Andrade F, Mieko E, Del Castillo R. Restauraciones indirectas de composite: conceptos generales y propuesta clínica de utilización. *Quintessence*. 2008;21(1):1-6.
13. Quintero P. Evaluación de la resistencia adhesiva del cerómero cementado con resinas precalentadas y cemento dual [tesis]. Universidad de Las Américas; n.d.
14. Hirata R. *Tips claves en odontología restauradora*. 1st ed. Editorial Médica Panamericana; 2012.
15. Shofu, Inc. Ceramage [Internet]. 2024 [citado 24 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.shofu.com/es/product/ceramage-2/>
16. Hervás García A, Martínez Lozano MA, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11(2):215-20. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023&lng=es
17. Rodríguez G, Douglas R, Pereira S, Natalie A. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontol Venez*. 2008;46(3):381-92. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652008000300026&lng=es
18. Christiani J, Devecchi J. Color: Consideraciones en odontología e instrumentos para el registro. *RODYB*. 2016;5(2):10-15.
19. Schmeling M. Selección de color y reproducción en odontología. Parte 3: Escogencia del color de forma visual e instrumental. *ODOVTOS Int J Dental Sc*. 2017;19(1):23-32.
20. Cuello-Salas JL, Pasquini-Comba M, Bazáez-Frete M, Oliva-Bazáez C. Carillas directas con resinas compuestas: una alternativa en operatoria dental. *RCOE*. 2003;8(4):415 Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2003000400004&lng=es
21. Monteza SK, Díaz CM. Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional. Universidad Nacional de Loja; 2018.
22. Lafuente D. Física del color y su utilidad en odontología. *Redalyc*. 2008;IV(1). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3242/324227908003.pdf>

23. Alani A, O’Gorman C. *Materials in Dentistry: Properties and Performance*. Wiley-Blackwell; 2017.
24. Ferracane JL. Resin composite – State of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
25. El-Damanhoury HM, Platt JA. Evaluation of the flexural strength of dental resins. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(4):239-48.
26. Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM. The effects of thermocycling on bonding of composite resin to dentin. *J Dent Res*. 2011;90(4):377-82.
27. Peutzfeldt A. Resin composite in dentistry: A review. *Dent Mater*. 2009;25(1):1-11.
28. Watanabe M, Taira Y, Otsuki M. Effects of thermocycling on the durability of resin-dentin bonds. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(3):354-62.
29. Sezin M, et al. Resistencia a la flexión y módulo elástico de resinas de alta, mediana y baja densidad. *Rev Fac Odont*. 2018; 28 (3): 14-21
30. Dietschi D, Ardu, S. Evaluation of the optical integration of resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2017;29(1), 31-41.
31. Medrano A, et al. Alteración del color en tres tipos de resinas nanohíbridas; Brilliant NG, Tetric N-Ceram y Solare X, expuestas a soluciones pigmentantes [Tesis]. 2017 [citado 2 Ago 2024]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/7416/1/97351.pdf>
32. Saltos D. Capacidad pigmentante de bebidas carbonatadas en la estabilidad del color de resinas nanohíbridas [Tesis]. 2019 [citado 2 Ago 2024]. Universidad Nacional de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6067/1/TESIS-25-SEPTIEMBRE.pdf>
33. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
34. Ramos V. Resistencia flexural de incrustaciones de resina nanohíbrida y cerómero asociado a termo modificación [Tesis]. 2019 [citado 2 Ago 2024]. Universidad Nacional de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5785/1/UNACH-EC-FCS-ODT-2019-0037.pdf>
35. Monteza-Iñiguez SK, Loyola-García P, Cordova-Rodríguez MX, Castillo-Guarnizo Z, Díaz-López C. Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional. *Polo del Conocimiento*. 2021;6(11):1668-81.

36. Villa P. Resistencia flexural de resinas nanohíbridas asociadas a termo modificación [Tesis]. 2021 [citado 2 Ago 2024]. Universidad Nacional de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8414>
37. Castro V. Resistencia a la flexión de composites nanohíbridos sometidos a precalentamiento. Estudio In Vitro [Tesis]. 2024 [citado 2 Ago 2024]. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8ae6bbc5-b3b0-4c33-8589-2074d35e6786/content>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada para la selección de la resina nanohíbrida



Anexo 2. Certificado de haber realizado el estudio en la termocicladora perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-ESPOCH, en la facultad de recursos naturales, en el laboratorio de biología molecular y celular.



**Escuela
Superior Politécnica
de Chimborazo**

CERTIFICADO

Riobamba 13, de Mayo del 2024

Mediante el presente CERTIFICA que las srtas. Sarah Izabella Espín Samaniego con CI:0604576314 Y Andrea Nicole Infante Núñez con CI: 1805470448 realizaron el ensayo para el envejecimiento de las resinas en la termofisher para el estudio de: "Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado" en el laboratorio de biología molecular de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH.

Atentamente



BQF. Benjamín Román
Técnico Docente
1716456254



epoch.edu.ec

Anexo 3. Certificado de la realización del ensayo de resistencia flexural en el laboratorio de materiales, en el Instituto Superior Universitario Carlos Cisneros- ISUCC.



Riobamba, 02 de Julio del 2024

Mediante la presente **CERTIFICO** que las Srtas. Sarah Izabella Espín Samaniego con CI:0604576314 y Andrea Nicole Infante Núñez con CI: 1805470448, como parte de la investigación de estudio de: "Evaluación de la resistencia flexural y color del cerómero vs resina nanohíbrida con zirconio sometidos a termociclado", realizaron pruebas de fuerza a la resistencia flexural, en la máquina de ensayos universal EUROTTEST-200 en el laboratorio de ensayos de materiales del Instituto superior universitario Carlos Cisneros ISUCC.

Autorizo a las señoritas Espín e Infante para que puedan hacer uso de esta certificación como a bien tuvieren.

Atentamente

Ing. Juan Carlos Chávez
DOCENTE DE ENSAYOS DE MATERIALES

Anexo 4. Recolección de datos.

Tabla 1. Termociclado

Fecha	Hora de inicio	Hora de fin	Ciclos
17-04-2024	12:00 pm	17:29 pm	93
23-04-2024	09:06 am	14:04 pm	85
23-04-2024	14:04 pm	19:00 pm	86
24-04-2024	08:24 am	09:59 am	29
24-04-2024	14:17 pm	18:02 pm	65
25-04-2024	09:18 am	13:50 pm	79
26-04-2024	09:40 am	16:30 pm	120
29-04-2024	10:32 am	14:51 pm	75
29-04-2024	14:58 pm	19:45 pm	81
29-04-2024	20:00 pm	08:00 am	210
30-04-2024	11:14 am	16:00 pm	83 (1006)
30-04-2024	16:00 pm	21:00 pm	87
30-04-2024	21:00 pm	09:00 am	202
01-05-2024	09:02 am	14:00 pm	88
01-05-2024	14:00 pm	19:21 pm	91
01-05-2024	19:21 pm	07:21 am	206
02-05-2024	08:28 am	13:36 pm	88
02-05-2024	13:36 pm	18:57 pm	93
02-05-2024	19:00 pm	6:00 am	191 (2052)
03-05-2024	07:00 am	19:05 pm	214
03-05-2024	19:05 pm	07:00 am	205
04-05-2024	08:00 am	19:00 pm	196
04-05-2024	19:00 pm	07:07 am	196
05-05-2024	07:07 am	18:55 pm	204 (3067)
05-05-2024	18:55 pm	07:00 am	201
06-05-2024	20:26 pm	13:00 pm	80
06-05-2024	13:00 pm	18:52 pm	100
06-05-2024	18:52 pm	07:00 am	201
07-05-2024	07:00 am	13:00 pm	102
07-05-2024	13:00 pm	19:05 pm	101
07-05-2024	19:05 pm	06:30 am	194 (4046)
08-05-2024	07:09 am	13:05 pm	101
08-05-2024	13:05 pm	19:00 pm	101
08-05-2024	19:00 pm	07:00 am	200
09-05-2024	07:05 am	13:00 pm	101
09-05-2024	13:00 pm	17:54 pm	83
09-05-2024	07:00 am	12:45 pm	303
11-05-2024	08:30 am	12:14 pm	65 (5000)

Tabla 2. Color de la resina Forma antes y después del termociclado.

Muestra	Fecha	Color inicial	Fecha	Color final
1	13-04-2024	D2	22-05-2024	C1
2	13-04-2024	D2	22-05-2024	C1
3	13-04-2024	D2	22-05-2024	C1
4	13-04-2024	D2	22-05-2024	C1
5	13-04-2024	D2	22-05-2024	C1
6	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
7	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
8	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
9	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
10	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
11	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
12	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
13	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
14	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1
15	13-04-2024	D2	22-05-2024	B1

Tabla 3. Color del cerómero Ceramage antes y después del termociclado.

Muestra	Fecha	Color inicial	Fecha	Color final
1	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
2	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
3	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
4	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
5	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
6	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
7	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
8	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
9	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
10	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
11	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
12	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
13	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
14	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2
15	13-04-2024	B2	22-05-2024	B2

Tabla 4. Resistencia flexural de la resina Forma.

Muestra	Resina Forma (MPa)	Cerómero Ceramage (MPa)
1	156,450	172,200
2	201,075	135,450
3	205,275	142,800
4	214,200	214,725
5	174,825	141,225
6	211,575	145,950
7	147,000	164,850
8	235,200	256,200
9	240,450	155,925
10	200,025	187,950
11	233,100	252,000
12	141,750	210,000
13	164,850	155,925
14	189,525	206,850
15	148,575	152,775

Anexo 4. Datos eurotest-200 de la resina Forma y el cerómero Ceramage obtenidos en el Instituto Tecnológico Carlos Cisneros.

Tabla 1. Velocidad y fuerza de la resina Forma.

Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Fuerza (N)	Área (m²)
25	0,75	59,6	0,000036
25	0,75	76,6	0,000036
25	0,75	78,2	0,000036
25	0,75	81,6	0,000036
25	0,75	66,6	0,000036
25	0,75	80,6	0,000036
25	0,75	56	0,000036
25	0,75	89,6	0,000036
25	0,75	91,6	0,000036
25	0,75	76,2	0,000036
25	0,75	88,8	0,000036
25	0,75	54	0,000036
25	0,75	62,8	0,000036
25	0,75	72,2	0,000036
25	0,75	56,6	0,000036

Tabla 2. Resistencia de la resina Forma.

Resistencia (N/m²)	Carrera (mm)	Tiempo (s)
0,1	0,146	15
0,1	0,203	21
0,1	0,147	14
0,1	0,146	14
0,1	0,066	5
0,1	0,113	11
0,1	0,033	3
0,1	0,165	16
0,1	0,138	14
0,1	0,148	15
0,1	0,16	16
0,1	0,054	4
0,1	0,059	5
0,1	0,133	13
0,1	0,036	2

Tabla 3. Fuerza, esfuerzo y deformación de la resina Forma.

Muestra	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	Deformación (mm)
1	59,600	156,450	0,146
2	76,600	201,075	0,203
3	78,200	205,275	0,147
4	81,600	214,200	0,146
5	66,600	174,825	0,066
6	80,600	211,575	0,113
7	56,000	147,000	0,033
8	89,600	235,200	0,165
9	91,600	240,450	0,138
10	76,200	200,025	0,148
11	88,800	233,100	0,160
12	54,000	141,750	0,054
13	62,800	164,850	0,059
14	72,200	189,525	0,133
15	56,600	148,575	0,036

Tabla 4. Velocidad y fuerza del cerómero Ceramage.

Temperatura (°C)	Velocidad (mm/min)	Fuerza (N)	Área (m²)
25	0,75	65,6	0,000036
25	0,75	51,6	0,000036
25	0,75	54,4	0,000036
25	0,75	81,8	0,000036
25	0,75	53,8	0,000036
25	0,75	55,6	0,000036
25	0,75	62,8	0,000036
25	0,75	97,6	0,000036
25	0,75	59,4	0,000036
25	0,75	71,6	0,000036
25	0,75	96,0	0,000036
25	0,75	80,0	0,000036
25	0,75	59,4	0,000036
25	0,75	78,8	0,000036
25	0,75	58,2	0,000036

Tabla 5. Resistencia del cerómero Ceramage.

Resistencia (N/m²)	Carrera (mm)	Tiempo (s)
0,1	0,127	12
0,1	0,13	10
0,1	0,085	9
0,1	0,278	29
0,1	0,037	2
0,1	0,077	6
0,1	0,171	17
0,1	0,231	23
0,1	0,13	12
0,1	0,231	24
0,1	0,273	28
0,1	0,172	18
0,1	0,232	23
0,1	0,125	12
0,1	0,204	21

Tabla 6. Fuerza, esfuerzo y deformación del cerómero Ceramage.

Muestra	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)	Deformación (mm)
1	65,600	172,200	0,127
2	51,600	135,450	0,103
3	54,400	142,800	0,085
4	81,800	214,725	0,278
5	53,800	141,225	0,037
6	55,600	145,950	0,077
7	62,800	164,850	0,171
8	97,600	256,200	0,231
9	59,400	155,925	0,130
10	71,600	187,950	0,231
11	96,000	252,000	0,273
12	80,000	210,000	0,172
13	59,400	155,925	0,232
14	78,800	206,850	0,125
15	58,200	152,775	0,204