

Universidad Católica Redemptoris Mater

Facultad Odontología



Tesis monográfica para optar al título de Cirujano dentista

Línea de investigación en Odontología Preventiva y Restauradora

*Filtración marginal en incrustaciones Tabletop cementadas sobre modelos 3D,
Clínica INBOCA, marzo 2025*

AUTORES

Benavidez Figueroa Marling Nahomy

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5028-2956>

Madrigal Mendoza Eddy Josué

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8648-1462>

Managua, Nicaragua

05 de junio de 2025

Universidad Católica Redemptoris Mater

Facultad Odontología



Tesis monográfica para optar al título de Cirujano dentista

Línea de investigación en Odontología Preventiva y Restauradora

*Filtración marginal en incrustaciones Tabletop cementadas sobre modelos 3D,
Clínica INBOCA, marzo 2025*

AUTORES

Benavidez Figueroa Marling Nahomy

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5028-2956>

Madrigal Mendoza Eddy Josué

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8648-1462>

TUTOR CIENTÍFICO

Sevilla Pérez, Ilich

Máster en Odontología Restauradora y Estética

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7874-269>

TUTOR METODOLÓGICO

Lic. Marvin Antonio Gonzáles Ortega,

Msc. Biólogo - Químico - Farmacéutico

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7575-4172>

Managua, Nicaragua

05 de junio de 2025

CARTA AVAL TUTOR CIENTÍFICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico, certifico que el trabajo de investigación titulado:

Filtración marginal en incrustaciones TableTop cementadas sobre modelos 3D, Universidad Católica Redemptoris Mater marzo 2025, realizado por Marling Nahomy Benavidez Figueroa, Eddy Josué Madrigal Mendoza, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de cirujano dentista.

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a las y los egresados, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 05 de junio de 2025.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I. Sevilla', with a large, sweeping flourish underneath.

Dr. Ilich Sevilla Pérez
Master en Odontología Restauradora y Estética

Dedicatoria

Con profunda gratitud a Dios, por concedernos la vida, la sabiduría y la fortaleza necesarias para alcanzar esta meta. En cada paso, Su presencia fue guía y consuelo, incluso cuando las circunstancias parecían difíciles, este logro es también de nuestras familias, quienes han sido el motor y la inspiración a lo largo de este proceso. Gracias por su amor incondicional, por sus palabras de aliento en los momentos de duda y por enseñarnos, con su ejemplo, el valor del esfuerzo y la perseverancia.

De manera especial, dedicamos este trabajo a nuestras madres y padres, quienes con sacrificio y dedicación nos ofrecieron las herramientas para forjar nuestro camino. Su fe en nosotros nos motivó a continuar, aun cuando el cansancio amenazaba con detenernos. No podemos dejar de lado a nuestros seres queridos, quienes estuvieron presentes en los momentos de estrés, compartieron nuestras alegrías y celebraron cada pequeño avance como si fuera propio. Su compañía hizo de esta etapa una experiencia más llevadera y significativa.

A nuestros docentes y tutores, cuyo compromiso con la excelencia académica y el desarrollo humano marcó nuestra formación, gracias por ser luz en el camino, por transmitirnos no solo conocimientos, sino también valores y ética profesional. La presente tesis representa más que un requisito académico; es un símbolo de lucha, constancia y sueños cumplidos. Con cariño y respeto, dedicamos este logro a todos los que caminaron junto a nosotros, dejando una huella imborrable en nuestro corazón.

Agradecimiento

Con el corazón rebosante de gratitud, queremos iniciar este espacio agradeciendo a Dios, por guiarnos con su sabiduría infinita, por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles y por permitirnos llegar hasta aquí con salud, fe y esperanza. Su presencia constante nos sostuvo cuando las fuerzas flaqueaban, dándonos luz en los días más nublados. A nuestras familias, gracias por ser el pilar que ha sostenido cada paso de nuestro camino. Su amor, comprensión y sacrificios nos acompañaron en cada jornada de estudio, en cada noche sin dormir y en cada decisión que nos acercó a esta meta. A nuestros padres, gracias por enseñarnos con su ejemplo que el esfuerzo y la perseverancia siempre dan fruto. Este logro también les pertenece.

Queremos expresar un agradecimiento muy especial a nuestros tutores científicos, Dr. Ilich Sevilla y Dra. Valeria Lezama, por su acompañamiento incansable, su compromiso, paciencia y orientación durante todo el proceso investigativo. Su experiencia y dedicación enriquecieron profundamente nuestro trabajo, guiándonos con sabiduría, motivándonos a superar los desafíos y a mantenernos firmes hasta el final. Gracias por creer en nosotros y por formar parte de este logro.

A la Universidad Católica Redemptoris Mater y a la Facultad de Odontología, nuestro agradecimiento por brindarnos una formación académica de calidad, por promover el pensamiento crítico y por forjarnos como profesionales con principios éticos y humanos. Cada experiencia vivida en este espacio ha dejado una huella imborrable en nuestra trayectoria.

De manera muy especial, queremos agradecer a nuestra compañera Aileen Cruz, por estar presente no solo con palabras, sino con acciones. Su compañía sincera hizo de este proceso algo mucho más llevadero.

Este proyecto no solo representa el cierre de un ciclo académico, sino también el reflejo de un sueño forjado con esfuerzo, paciencia y pasión. A todos los que fueron parte de este recorrido, gracias de todo corazón. Este logro es también de ustedes.

Resumen

El presente estudio evaluó la microfiltración en incrustaciones Tabletops cementadas con resina compuesta precalentada y cemento resinoso de curado dual, utilizando modelos impresos en 3D. Se elaboraron treinta incrustaciones, divididas en dos grupos: Grupo A (cementadas con resina precalentada) y Grupo B (cementadas con cemento dual). Los especímenes fueron sumergidos en azul de metileno y posteriormente seccionados en sentido mesiodistal para observar la penetración del tinte en las caras vestibular y lingual. La filtración se evaluó mediante una escala ordinal adaptada. Los hallazgos mostraron una mayor filtración en el grupo cementado con cemento dual, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones del estudio, la resina precalentada ofrece una mejor adaptación marginal que el cemento dual.

Este estudio aporta evidencia útil para la toma de decisiones clínicas en la elección del agente cementante, especialmente en restauraciones indirectas donde la microfiltración puede comprometer la longevidad del tratamiento.

Palabras clave

Microfiltración, resina precalentada, cemento dual, restauraciones indirectas, impresión 3D, odontología restauradora.

Abstract

This study evaluated microleakage in Tabletops cemented with preheated composite resin and dual-cure resin cement, using 3D printed models. Thirty inlays were fabricated and divided into two groups: Group A (cemented with dual-cure cement) and Group B (cemented with preheated resin). The specimens were immersed in methylene blue and then sectioned mesiodistally to assess dye penetration on the buccal and lingual surfaces. Microleakage was measured using an adapted ordinal scale, and the Mann-Whitney test was used for group comparison. Results showed higher microleakage in the group cemented with dual cure cement, with statistically significant differences. These findings suggest that preheated resin provides better marginal adaptation than dual cure cement under the study conditions.

This research provides valuable evidence for clinical decision-making in selecting luting agents, particularly for indirect restorations where microleakage could compromise treatment longevity.

Keywords

Microleakage, preheated resin, dual-cure cement, indirect restorations, 3D printing, restorative dentistry.

Índice de contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Estado del arte	4
3.	Contexto del problema.....	6
4.	Objetivos	7
4.1	Objetivo General.....	7
4.2	Objetivos específicos	7
5	Pregunta de investigación	8
6	Justificación	9
7	Limitaciones de investigación	11
8	Marco teórico	12
8.1	Marco referencial	14
8.2	Marco conceptual.....	21
9.	Marco metodológico	26
9.1	Tipo de investigación	26
9.2	Definición operativa de las variables.....	27
9.3	Población	28
9.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
9.5	Procedimientos para el procesamiento y análisis de información	31
10	Resultados y discusión	33
11	Conclusiones	36
11.1	Perspectivas de futuro.....	36
12	Referencias	38
13	Anexos.....	40

Índice de tablas

Tabla 1. Grado de Filtración marginal en incrustaciones cementadas con resina precalentada Vittra Aps.....	33
Tabla 2. Grado de Filtración Marginal en incrustaciones cementadas con Cemento resinoso All Cem dual	34

1. Introducción

En los últimos años, la odontología restauradora ha experimentado un avance significativo tanto en materiales como en técnicas orientadas a la conservación y rehabilitación de estructuras dentales comprometidas. Dentro de este marco, las restauraciones indirectas tipo Tabletop, confeccionadas con resinas impresas en 3D, han ganado notoriedad por su carácter mínimamente invasivo y su capacidad de restaurar funcional y estéticamente en piezas dentarias que han sufrido desgaste o pérdida estructural considerable. No obstante, pese a los avances en diseño digital y fabricación, uno de los desafíos más relevantes en este tipo de procedimientos continúa siendo la microfiltración marginal, fenómeno que compromete la integridad de la restauración y puede derivar en complicaciones clínicas como caries secundaria, sensibilidad postoperatoria, inflamación pulpar e incluso el fracaso completo del tratamiento.

La microfiltración marginal se produce cuando existe una discontinuidad o brecha en la interfaz entre el diente preparado y el material restaurador, permitiendo la penetración de bacterias, líquidos y compuestos orgánicos. En este contexto, los agentes cementantes juegan un papel fundamental, ya que son los responsables de lograr un sellado hermético y duradero. Entre los materiales más utilizados se encuentran los cementos resinosos de curado dual y las resinas compuestas precalentadas. Ambos presentan características distintivas que podrían influir en su capacidad de sellado marginal: el cemento dual combina polimerización química y fotoactivada, mientras que la resina precalentada reduce su viscosidad al calentarse, lo que podría mejorar su capacidad de adaptación a las paredes cavitarias.

A pesar del uso extendido de estos materiales, no existe un consenso claro en la literatura científica sobre cuál ofrece un mejor comportamiento clínico en términos de sellado marginal, especialmente en restauraciones tipo Tabletop impresas en 3D. Algunos estudios señalan que la resina precalentada puede adaptarse mejor a las superficies internas de la preparación debido a su fluidez, mientras que otros argumentan que el cemento dual presenta ventajas por su capacidad de polimerizar en zonas de difícil acceso lumínico. Esta falta de evidencia concluyente plantea la necesidad de realizar investigaciones rigurosas, que permitan esclarecer cuál de estos agentes ofrece un mejor desempeño bajo condiciones controladas.

Ante esta problemática, la presente investigación se planteó como objetivo principal observar la microfiltración marginal en incrustaciones tipo Tabletop de resina impresas en 3D, cementadas con resina precalentada Vittra APS FGM y con cemento resinoso dual AllCem FGM.

Para ello, se diseñó un estudio experimental in vitro que permitiera controlar variables y estandarizar condiciones, utilizando modelos impresos en 3D como plataforma experimental, lo cual representa una innovación metodológica en este campo. Este enfoque permitió observar de manera objetiva el grado de penetración de azul de metileno en las restauraciones cementadas, como indicador cuantificable de la microfiltración marginal.

El objeto de estudio fue el comportamiento de dos agentes cementantes frente a la microfiltración marginal en restauraciones indirectas. El enfoque metodológico fue de tipo cuantitativo, con diseño experimental y corte transversal. Se recolectaron y analizaron datos primarios obtenidos a través de técnicas estandarizadas de preparación, cementación, tinción y evaluación microscópica. Esta metodología garantiza la reproducibilidad del estudio y la validez de los resultados.

La importancia de esta investigación radica en que sus hallazgos ofrecen información científica útil para la práctica clínica, aportando criterios para seleccionar el material de cementación más adecuado según su comportamiento frente a la microfiltración. Además, dado que los estudios de esta naturaleza son escasos en el contexto nacional, particularmente en Nicaragua, los resultados también contribuyen al desarrollo del conocimiento local en odontología restauradora.

Este documento se estructuró de manera lógica y coherente, con el propósito de guiar al lector a través de cada etapa del proceso investigativo. En primera instancia, se presenta el estado del arte, que recoge antecedentes nacionales e internacionales relevantes sobre la microfiltración marginal y los materiales cementantes en restauraciones indirectas. Luego, se aborda el contexto del problema, seguido por la formulación de los objetivos, la pregunta de investigación y la justificación, donde se detalla la relevancia científica, clínica y metodológica del estudio. A continuación, se desarrolla el marco teórico, que fundamenta conceptualmente las variables clave, y el marco metodológico, en el que se describe el enfoque cuantitativo adoptado, el diseño experimental, las técnicas de recolección de datos y el análisis estadístico aplicado,

posteriormente, se presentan de forma ordenada los resultados obtenidos, seguidos por su discusión, en la que se interpretan los hallazgos a la luz de la literatura previa, finalmente, el documento concluye con las conclusiones generales, las recomendaciones prácticas y las perspectivas de futuras investigaciones, permitiendo así proyectar el valor clínico y académico de los resultados encontrados.

Desde un punto de vista metodológico, esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo y experimental, de corte transversal, y utilizó modelos 3D para garantizar la estandarización de variables durante el proceso de cementación. Los resultados obtenidos permitieron establecer diferencias significativas en el grado de filtración, aportando evidencia útil para orientar futuras investigaciones y mejorar los protocolos clínicos de cementación. En este sentido, el objetivo general de este estudio fue: Observar la filtración marginal de dos agentes cementantes, resina precalentada y cemento resinoso dual, en incrustaciones de resina tipo Tabletop cementadas sobre modelos 3D, en la Clínica INBOCA, Managua, Nicaragua, marzo 2025.

2. Estado del arte

A nivel internacional

Ramírez Hidalgo (2018, Trujillo Perú), realizó un estudio experimental con el objetivo de comparar el grado de microfiltración marginal en incrustaciones de resina compuesta utilizando dos agentes cementantes: resina fotocurable precalentada y cemento resinoso dual autoadhesivo. Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionaron 40 premolares sanos, divididos en dos grupos experimentales. En el primer grupo, las incrustaciones fueron cementadas con resina precalentada a 65 °C, mientras que en el segundo grupo se usó cemento resinoso dual autoadhesivo. Posteriormente, todas las muestras fueron sumergidas en azul de metileno al 2% durante 24 horas, tras lo cual se evaluó la microfiltración marginal mediante un microscopio estereoscópico. Se llegó a la conclusión que la resina precalentada es una alternativa superior en términos de sellado marginal, especialmente en restauraciones indirectas. Este tipo de cementación no solo mejora la durabilidad de las restauraciones, sino que también reduce el riesgo de complicaciones clínicas como caries secundarias y sensibilidad postoperatoria.

Danilo Hurtado (2021, Cusco), realizó un estudio in vitro, con el objetivo de comparar la microfiltración en incrustaciones tipo inlay cementadas con resina termo modificada y cemento dual. El estudio empleó 40 terceros molares distribuidos en dos grupos, sometiéndolos a termociclado y posteriormente a la tinción con azul de metileno. Se llegó a la conclusión que el cemento dual presentó microfiltración en las muestras, mientras que la resina termo modificada ofrece una mejor capacidad de sellado marginal, lo que la posiciona como el material más adecuado para restauraciones que buscan minimizar el impacto de la microfiltración.

Alvarado-Santillán, Huertas-Mogollón (2020), llevaron a cabo una revisión exhaustiva de la literatura sobre las propiedades y aplicaciones clínicas cuyo objetivo principal fue analizar las propiedades de la resina compuesta precalentada como agente cementante en odontología, evaluando su efectividad en el sellado marginal, la microfiltración y la resistencia adhesiva. Concluyeron que la resina precalentada no pone en riesgo la vitalidad pulpar, al reducir su viscosidad mejora la adaptación marginal y disminuye la formación de espacios (gaps) sin comprometer las propiedades mecánicas de la restauración.

Jennifer Risco, Eddy Álvarez (2019, Quito-Ecuador), realizaron un estudio experimental cuyo objetivo principal fue evaluar la microfiltración 36 terceros molares divididos en 3 grupos (n= 12) se realizaron preparaciones estandarizadas tipo table top de ceromero empleando cementos resinosos: autograbables, universales y resina termo plastificada. Se llegó a la conclusión que el grado de microfiltración fue menor cuando se cementaron con resina termo plastificada con una diferencia estadísticamente significativa respecto a los otros cementos.

A nivel regional no se encontraron estudios microfiltración en incrustaciones de resina, que estén relacionados con la presente investigación.

En Nicaragua

Deris M (2020, UNAN León-Nicaragua), realizó un estudio in vitro cuyo objetivo principal fue comparar el grado de microfiltración en incrustaciones indirectas de resina compuesta empleando resina fotocurable precalentada y cemento resinoso dual autoadhesivo como agente de cementación se realizó en 20 terceros molares inferiores sanos, distribuidos al azar en 4 grupos de 5 dientes (A, B, C, D , llegó a la conclusión que lo más acertado para la cementación es utilizar resina fotocurable precalentada.

3. Contexto del problema

La microfiltración marginal en las restauraciones dentales es un fenómeno clínico recurrente que compromete la durabilidad y efectividad de los tratamientos odontológicos. Este problema ocurre cuando existe una brecha entre la restauración y la estructura dental, permitiendo el paso de fluidos, bacterias y moléculas que pueden generar complicaciones como caries secundarias, sensibilidad postoperatoria y fallos en la restauración. A pesar de los avances en los materiales restauradores y técnicas de cementación, la microfiltración sigue siendo un desafío importante en odontología.

Diversos estudios han explorado las propiedades de los agentes cementantes, como la resina precalentada y el cemento dual. La resina precalentada, al reducir su viscosidad mediante el calentamiento, mejora la adaptación marginal, mientras que el cemento dual combina polimerización química y foto iniciada, ofreciendo estabilidad en diferentes condiciones clínicas. En Nicaragua, las investigaciones sobre la eficacia de estos materiales son limitadas. Estudios previos, como el de Deris (2020), han señalado que la resina fotocurable precalentada presenta menores niveles de microfiltración en comparación con el cemento dual autoadhesivo, destacando su potencial para mejorar el sellado marginal en restauraciones indirectas. Estos hallazgos, aunque prometedores, requieren validación adicional en condiciones controladas que simulen de manera más precisa el entorno intraoral. El presente estudio se enfoca en comparar la microfiltración marginal en incrustaciones tipo TableTop cementadas con resina precalentada y cemento dual, utilizando modelos 3D. Este enfoque permitió estandarizar las condiciones experimentales y proporciona datos cuantitativos sobre el desempeño de ambos materiales.

La relevancia de este problema radica en su impacto directo en la práctica clínica y la salud bucal de los pacientes. Al abordar esta problemática, la investigación no solo contribuyó al cuerpo de conocimiento existente, sino que también proporcionó herramientas prácticas para mejorar los resultados clínicos, promoviendo restauraciones más seguras y duraderas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Observar la filtración marginal de dos agentes cementantes, resina precalentada y cemento resinoso dual en incrustaciones de resina tabletop cementadas sobre modelos 3D, en Clínica INBOCA Managua-Nicaragua, marzo 2025.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la filtración marginal en incrustaciones de resina impresa cementada con AllCem dual FGM.
- Determinar la filtración marginal en incrustaciones de resina impresa cementada con resina precalentada Vittra APS FGM.
- Establecer el nivel de filtración marginal según agente cementante AllCem dual FGM y Vittra APS FGM.

5 Pregunta de investigación

¿Cuál es el nivel de filtración marginal en incrustaciones Tabletop según agente cementante sobre modelos 3D, Clínica INBOCA Managua-Nicaragua marzo 2025?

6 Justificación

La presente investigación abordó una problemática fundamental en la odontología restauradora: la microfiltración marginal en incrustaciones de resina impresa tipo TableTops. Este fenómeno, caracterizado por el paso indeseado de bacterias, fluidos y partículas entre la restauración y la estructura dental, representa un desafío clínico que afecta tanto la longevidad como la efectividad de las restauraciones. Las implicaciones de este problema son de gran relevancia, ya que pueden generar complicaciones como caries secundarias, sensibilidad postoperatoria y la eventual pérdida de la restauración, impactando negativamente en la salud bucal de los pacientes.

Desde una perspectiva de conveniencia, el presente estudio proporcionó evidencia científica que permita seleccionar con mayor precisión los materiales y técnicas de cementación más adecuados. Al comparar la efectividad de dos agentes cementantes resina precalentada y cemento dual en términos de su capacidad para minimizar la microfiltración, la investigación aspiro a ofrecer datos útiles.

La relevancia social del estudio radica en su contribución a la mejora de la calidad de vida de los pacientes. La microfiltración marginal no solo afecta la funcionalidad de las restauraciones, sino que también puede comprometer la salud bucal en general, generando malestar y la necesidad de intervenciones adicionales. Al abordar esta problemática, la presente investigación buscó promover prácticas odontológicas más seguras y efectivas, beneficiando a los pacientes al ofrecerles tratamientos de mayor calidad y durabilidad.

En cuanto a sus implicaciones prácticas, el presente estudio tuvo como propósito generar conocimientos que puedan ser implementados directamente en el entorno clínico. Además, al utilizar modelos 3D como base para la experimentación, se abre la posibilidad de estandarizar y reproducir las condiciones del estudio, facilitando su aplicación en diversos entornos clínicos y académicos.

El valor teórico de la presente investigación radicó en su contribución al cuerpo de conocimiento existente sobre los agentes cementantes y su impacto en la microfiltración marginal. Aunque diversos estudios han analizado las propiedades de materiales como la resina

precalentada y el cemento dual, la comparación directa entre ambos en condiciones específicas sigue siendo limitada.

Desde una perspectiva metodológica, la presente investigación ofreció un enfoque innovador al emplear modelos 3D como plataforma experimental. Este método no solo permitió un control riguroso de las variables, sino que también garantiza la reproducibilidad de los resultados. Asimismo, el uso de técnicas como la medición de microfiltración con azul de metileno al 2% aseguro un análisis preciso y detallado.

La importancia de abordar esta problemática en el contexto actual se fundamenta en la creciente demanda de tratamientos restaurativos estéticos y funcionales de alta calidad.

Finalmente, la presente investigación aportó un componente innovador al combinar el uso de resina precalentada y cemento dual en un mismo estudio comparativo, empleando modelos 3D como base experimental. Al generar datos que contribuyen tanto al conocimiento teórico como a la práctica clínica, y de esta manera impactar positivamente en la experiencia de los pacientes, promoviendo tratamientos más efectivos, seguros y duraderos.

7 Limitaciones de investigación

El presente estudio enfrentó diversas limitaciones que podrían influir en la interpretación de los resultados obtenidos. Una de las principales restricciones técnicas radicó en la precisión de los modelos 3D utilizados. Aunque estos modelos son altamente efectivos para estandarizar las condiciones experimentales, no replican completamente las variaciones y complejidades del entorno intraoral, como la interacción dinámica de fluidos salivales y fuerzas masticatorias. Esto puede limitar la generalización de los resultados a situaciones clínicas reales.

Otra limitación significativa está relacionada con la metodología utilizada para evaluar la microfiltración marginal. El uso de azul de metileno al 2% como marcador es una técnica ampliamente aceptada y práctica; sin embargo, su sensibilidad podría no detectar filtraciones mínimas que, aunque no visibles, pudo tener un impacto clínico a largo plazo. Asimismo, la evaluación microscópica dependió en gran medida de la precisión del observador, lo que introduce un margen de error humano en el análisis de los datos.

Por último, cabe mencionar las restricciones asociadas al tiempo y los recursos disponibles. Aunque el número de muestras incluidas en este estudio fue suficiente para obtener resultados significativos, una muestra más grande permitiría una mayor robustez estadística y mayor generalización de los hallazgos. Además, la imposibilidad de replicar las condiciones del medio bucal en su totalidad limita la capacidad de este estudio para predecir con exactitud el comportamiento clínico a largo plazo de los agentes cementantes evaluados.

A pesar de estas limitaciones, el presente estudio se diseñó cuidadosamente para minimizar su impacto en los resultados. Las restricciones identificadas también representan oportunidades para futuras investigaciones que podrían abordar estos aspectos, utilizando técnicas avanzadas o contextos experimentales más representativos del entorno clínico real.

8 Marco teórico

La odontología restauradora ha evolucionado hacia procedimientos cada vez más conservadores, funcionales y estéticos. Uno de los pilares para alcanzar resultados clínicos exitosos y duraderos es el correcto sellado marginal entre la restauración y el diente preparado. En este contexto, la microfiltración marginal representa una de las principales causas de fracaso en restauraciones indirectas, debido a su relación directa con complicaciones como caries secundaria, sensibilidad postoperatoria, infiltración bacteriana y, en última instancia, pérdida de la restauración (Corral Halal et al., 2015).

La microfiltración se define como el paso indeseado de fluidos, bacterias o moléculas a través de la interfase entre el diente y el material restaurador, generado por deficiencias en la adhesión o por las propiedades físicas del cemento utilizado. Su presencia compromete no solo la integridad estructural del tratamiento restaurador, sino también la salud pulpar del diente afectado (Salina et al., 2010; Morakot et al., 2004).

La introducción de restauraciones tipo Tabletop, de carácter extracoronal y mínimamente invasivas, ha permitido preservar tejido dentario, especialmente en rehabilitaciones oclusales y en aumento de dimensión vertical. Estas restauraciones requieren sistemas de cementación altamente eficaces, dado que su retención depende exclusivamente de la adhesión. Por lo tanto, la selección del agente cementante adquiere un papel crucial para evitar filtraciones marginales (Magne et al., 2014).

En la literatura científica actual, dos agentes cementantes han sido comparados ampliamente por su desempeño en restauraciones indirectas: el cemento resinoso de curado dual y la resina compuesta precalentada. El cemento dual ofrece polimerización fotoactivada y química, lo que permite su uso en zonas de escasa penetración lumínica. No obstante, presenta una fluidez limitada y contracción por polimerización que puede generar microgaps en la interfase adhesiva (Rueggeberg et al., 2017). Por otro lado, la resina precalentada, al ser calentada entre 55 °F y 75 °F, reduce significativamente su viscosidad, mejora la adaptación a las paredes cavitarias y favorece un mayor grado de conversión de monómeros,

características que podrían reducir la microfiltración (Rickman et al., 2011; Daronch et al., 2005).

Estudios experimentales han evidenciado diferencias relevantes entre ambos materiales. Ramírez Hidalgo (2018) y Montiel González (2020) concluyeron que la resina precalentada proporciona un sellado marginal más efectivo que el cemento dual, debido a su comportamiento reológico favorable y mayor adaptación. Asimismo, Hurtado (2021) demostró que la resina termo-modificada disminuye de forma significativa la filtración marginal tras procesos de termociclado. Estos hallazgos han sido respaldados por Alvarado-Santillán y Huertas-Mogollón (2020), quienes señalan que el calentamiento de la resina no afecta negativamente sus propiedades mecánicas, pero sí mejora su adhesión y fluidez.

En el ámbito nacional, Deris (2020) realizó un estudio in vitro donde comparó la microfiltración de ambos agentes cementantes, concluyendo que la resina precalentada genera un menor grado de filtración marginal. Sin embargo, este tipo de estudios todavía es limitado en Nicaragua, lo que justifica la necesidad de seguir generando evidencia local con diseños experimentales estandarizados y reproducibles.

El uso de modelos 3D impresos representa una innovación metodológica en este campo, ya que permite estandarizar las condiciones de prueba, controlar variables y evitar el sesgo. Además, al emplear técnicas de medición con colorantes como azul de metileno al 2 % y análisis microscópico, se puede evaluar objetivamente el grado de microfiltración. (Inca Migralla, 2020).

El estudio de la microfiltración marginal en restauraciones tipo Tabletop cementadas con resina precalentada y cemento dual es relevante tanto a nivel clínico como científico. La comprensión del comportamiento de estos materiales en condiciones controladas permite establecer recomendaciones basadas en evidencia que optimicen los resultados restaurativos, disminuyan complicaciones postoperatorias y mejoren la calidad de vida de los pacientes. Este marco teórico proporciona la base conceptual acerca del comportamiento de los agentes cementantes y su impacto en la microfiltración marginal.

8.1 Marco referencial

El diseño de la preparación dental es un factor clave en el éxito de una restauración indirecta, ya que influye en la retención, sellado marginal y adaptación del material cementante (Magne & Belser, 2004).

Las preparaciones más utilizadas incluyen:

Incrustaciones Inlay. Conservan cúspides y requieren menor desgaste dentario, pero pueden ser más propensas a la microfiltración si no se cementan correctamente.

Onlays. Recubren cúspides, mejoran la resistencia y reducen el riesgo de fractura, favoreciendo la adaptación marginal.

Coronas parciales o completas: Ofrecen máxima retención mecánica, pero requieren mayor reducción estructural.

Tabletop. Son restauraciones mínimamente invasivas, utilizadas principalmente para rehabilitación oclusal y aumento de dimensión vertical. Se adhieren directamente a las superficies oclusales sin reducción estructural significativa (Magne et al., 2014).

El uso de tabletop ha aumentado en los últimos años debido a su capacidad de preservar el tejido dental y mejorar la función masticatoria sin necesidad de desgaste excesivo. Sin embargo, su éxito clínico depende de la adhesión del material cementante y su resistencia a la microfiltración. Estudios recientes han sugerido que la resina precalentada puede ser una opción viable para cementar tabletop, ya que su menor viscosidad facilita su distribución en superficies amplias sin comprometer la adhesión (Montiel González, 2020).

La microfiltración es uno de los principales desafíos en la odontología restauradora, ya que se refiere al paso de fluidos, bacterias y subproductos a través de la interfase entre la restauración y la estructura dental (Pegoraro et al., 2007). Esta filtración puede comprometer la longevidad de la restauración, provocando caries secundaria, sensibilidad postoperatoria y fallos adhesivos (Corral Halal et al., 2015).

La microfiltración en la interface diente-restauración es la principal causa de pérdida de una restauración, cuya presencia influye en las propiedades físicas del material restaurador y

adhesivos, también en la expansión térmica del material, el estrés oclusal y la contracción por polimerización (Morakot et al., 2004).

Causas de la microfiltración marginal

Restauraciones mal adaptadas: Al no realizar un sellado correcto en el diente y la restauración, el relleno cercano puede desprenderse de las paredes de la cavidad dentaria, produciendo salida del material.

Preparación cavitaria deficiente: La profundidad y rectificación de las paredes con instrumentos adecuados en la preparación de una cavidad adecuada a la restauración.

Mala manipulación y aplicación del material: el resultado favorable de la restauración depende mucho de la manera en que se utilizó el material.

Fuerzas masticatorias: Se ha comprobado que la masticación provoca deformación a la restauración en el paso del tiempo dando como resultado aumento de microfiltración marginal.

Los materiales de cementación juegan un papel crucial en la prevención de la microfiltración. Tradicionalmente, los cementos resinosos duales han sido ampliamente utilizados debido a su polimerización química y fotopolimerización, lo que mejora su capacidad de sellado en áreas de difícil acceso a la luz (Rueggeberg et al., 2017). Sin embargo, recientemente, la resina precalentada ha sido propuesta como una alternativa, ya que, al reducir su viscosidad por el calor, permite una mayor adaptación marginal y una menor formación de espacios interfaciales (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020).

La microfiltración depende de varios factores relacionados con el material de cementación y la técnica de adhesión utilizada:

Grado de conversión de monómeros: Un mayor grado de conversión mejora la resistencia adhesiva y reduce la contracción de polimerización (Daronch et al., 2005).

Contracción de polimerización: Los materiales con mayor contracción pueden generar microgaps en la interfase adhesiva, facilitando la filtración de fluidos (Jongsma & Kleverlaan, 2015).

Grosor de la película cementante: Un grosor elevado puede interferir con el asentamiento de la restauración y afectar la adhesión (Sampaio et al., 2017).

Tipo de polimerización: Los materiales que dependen únicamente del fotocurado pueden no alcanzar una conversión completa en zonas profundas, aumentando el riesgo de microfiltración (Goulart et al., 2018).

El uso de resinas compuestas en odontología ha evolucionado significativamente desde su introducción en la década de 1960. En la década de 1990, comenzaron a emplearse como agentes cementantes para restauraciones indirectas, destacándose por su capacidad de adhesión y resistencia mecánica superior en comparación con cementos convencionales (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020).

Aumentando la temperatura de la resina compuesta de manera controlada se consigue disminuir su viscosidad, es de vital importancia mencionar, que no todas las resinas logran una mayor fluidez en el mismo tiempo, esto debido a su diversa composición. Otras ventajas asociadas al calentamiento de la resina compuesta son el mayor grado de conversión polimérica, mejorando las propiedades mecánicas del material, además se ha reportado que se puede conseguir una mayor profundidad de polimerización y una disminución en el tiempo de polimerización, subsanando las deficiencias de la resina compuesta utilizada de manera convencional (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020)

Cementos resinosos duales y microfiltración

Los cementos resinosos duales han sido ampliamente estudiados en términos de microfiltración. Su principal ventaja es su capacidad de polimerizar tanto por activación química como por fotocurado, lo que garantiza una adecuada adhesión incluso en restauraciones gruesas u opacas (Rueggeberg et al., 2017).

Presentan un grosor de película delgado (10-20 μm), lo que mejora el asentamiento de la restauración y disminuye la formación de gaps (Corral Halal et al., 2015).

Tienen una menor contracción de polimerización, lo que reduce la formación de microgaps en la interfase adhesiva (Magne et al., 1999).

Sin embargo, algunos estudios han reportado mayor filtración marginal en comparación con la resina precalentada, debido a su menor capacidad de fluidez inicial (Goulart et al., 2018).

El precalentamiento de la resina compuesta reduce su viscosidad, facilitando su asentamiento y minimizando la formación de espacios interfaciales (Rickman et al., 2011).

Resina precalentada y microfiltración

Mejora la adaptación marginal, reduciendo la filtración en comparación con los cementos resinosos duales (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020).

Puede generar una película cementante más gruesa (50-100 μm), lo que podría interferir con el asentamiento de la restauración (Sampaio et al., 2017).

Estudios han demostrado que la resina precalentada reduce la microfiltración hasta un 5%, mientras que los cementos resinosos duales presentan filtraciones de hasta 15,5% (Corral Halal et al., 2015).

El precalentamiento de la resina surge como una técnica innovadora que mejora sus propiedades reológicas, facilitando la manipulación y optimizando el asentamiento de las restauraciones. Investigaciones previas han explorado su impacto en la reducción de la viscosidad, el aumento del grado de conversión y la mejora de la adhesión a la estructura dental (Daronch et al., 2006; Lohbauer et al., 2009).

Las resinas compuestas son materiales sintéticos utilizados en odontología restauradora por su excelente estética, adhesión y resistencia mecánica. Su composición incluye una matriz orgánica (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA) y una fase inorgánica de partículas de relleno (Goncalves et al., 2009).

Cuando se utilizan como cementos, las resinas compuestas ofrecen ventajas como la alta resistencia adhesiva y la posibilidad de sellado marginal superior (Magne et al., 1999). Sin embargo, presentan desafíos como la viscosidad elevada y la contracción de polimerización, lo que puede comprometer la adaptación marginal y la estabilidad a largo plazo (Jongsma & Kleverlaan, 2015).

El precalentamiento de la resina compuesta a temperaturas entre 50°C y 60°C disminuye su viscosidad, facilitando su manipulación y mejorando la adaptación a la estructura dental (Rickman et al., 2011). Según Ayub et al. (2014), la viscosidad de la resina se reduce en un 38%

tras el precalentamiento, lo que permite una menor formación de espacios interfaciales y una mejor adaptación marginal.

Además, el precalentamiento incrementa el grado de conversión de monómeros, optimizando las propiedades mecánicas del material. Estudios han demostrado que la conversión de monómeros en resinas precalentadas puede alcanzar hasta un 67%, en comparación con el 48% de las resinas a temperatura ambiente (Daronch et al., 2005).

Los cementos resinosos duales combinan la polimerización química con la fotopolimerización, lo que les permite alcanzar una alta conversión de monómeros incluso en restauraciones opacas o de gran espesor (Rueggeberg et al., 2017).

Ventajas del cemento resinoso dual

- Capacidad de polimerización en zonas sin acceso a la luz (Goulart et al., 2018).
- Menor contracción de polimerización en comparación con resinas compuestas convencionales (Magne et al., 1999).
- Formación de una película de grosor más delgada que mejora el asentamiento de la restauración (Sampaio et al., 2017).

Desventajas del cemento resinoso dual

Mayor sensibilidad a la manipulación clínica y a la técnica de aplicación.

Dependencia de la activación química en ausencia de luz, lo que puede generar diferencias en la conversión de monómeros (Jongsma & Kleverlaan, 2015).

Posible formación de burbujas y microgaps en la interfase adhesiva (Corral Halal et al., 2015).

Resina Precalentada como Alternativa en Cementación

El precalentamiento de la resina compuesta ha demostrado ser una técnica efectiva para mejorar la fluidez y la adaptación marginal sin comprometer sus propiedades mecánicas (Rickman et al., 2011).

Beneficios del precalentamiento de la resina

- Reducción de la viscosidad: Permite una mejor distribución del material y facilita la eliminación de excesos antes de la polimerización (Daronch et al., 2005).
- Mayor grado de conversión de monómeros: Se ha demostrado que la resina precalentada puede alcanzar una conversión del 67%, mientras que la resina a temperatura ambiente solo alcanza el 48% (Lohbauer et al., 2009).
- Mejor adaptación marginal y menor microfiltración: Estudios han indicado que la resina precalentada reduce la filtración marginal en un 10% comparado con los cementos convencionales (Corral Halal et al., 2015).

Limitaciones del uso de resina precalentada en cementación

- Puede generar una película más gruesa en comparación con los cementos resinosos, afectando el asentamiento de la restauración (Sampaio et al., 2017).
- El enfriamiento rápido de la resina después de su colocación puede disminuir su fluidez y afectar su capacidad de adhesión (Froes-Salgado et al., 2010).
- La resina compuesta no cuenta con un mecanismo de polimerización química, lo que puede afectar su conversión en áreas profundas sin acceso a la luz (Goulart et al., 2018).

Técnicas de Cementación

La técnica de cementación influye directamente en la adaptación marginal y, por ende, en la microfiltración. Las principales técnicas incluyen:

- **Técnica Adhesiva Convencional:** Implica la aplicación de un sistema adhesivo seguido del cemento resinoso. Requiere un protocolo meticuloso para asegurar una adhesión óptima y minimizar la microfiltración. La efectividad de esta técnica depende de factores como la preparación del sustrato dental, la calidad del adhesivo y las condiciones de polimerización
- **Técnica de Cementación con Resina Precalentada:** La resina se calienta antes de su aplicación, mejorando su fluidez y capacidad de adaptación. Esta técnica ha mostrado resultados prometedores en la reducción de la microfiltración marginal, aunque requiere equipos específicos para el calentamiento de la resina y un control preciso de la temperatura.

Los dos estudios analizados (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020 y otras investigaciones previas) presentan diferencias en cuanto a las propiedades adhesivas, adaptación marginal, contracción de polimerización y grosor de película de ambos materiales.

La elección entre cemento resinoso dual y resina precalentada depende de la indicación clínica y de las propiedades adhesivas deseadas. Dado que ambos materiales presentan ventajas y desventajas, es fundamental realizar un análisis comparativo para determinar cuál ofrece mejores resultados en términos de adhesión, sellado marginal y estabilidad a largo plazo.

Ambos materiales presentan ventajas y limitaciones

La resina precalentada ofrece un mejor sellado marginal, pero su mayor grosor de película y su dependencia del fotocurado pueden ser limitantes.

El cemento resinoso dual es más predecible en términos de adhesión y asentamiento, pero puede presentar mayor microfiltración.

Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón (2020) y Corral Halal et al. (2015) realizaron una revisión de literatura y estudios experimentales comparando la microfiltración entre resina precalentada y cemento resinoso dual.

Villacrés-Yancha et al. (2024) amplió el enfoque, evaluando técnicas adhesivas y materiales diversos para optimizar el sellado marginal.

Montiel González (2020) realizó un estudio in vitro en terceros molares, dividiendo las muestras en grupos cementados con resina precalentada y cemento resinoso dual autoadhesivo, midiendo la microfiltración con azul de metileno y microscopía óptica.

La resina precalentada sigue siendo una alternativa con menor microfiltración que el cemento resinoso dual autoadhesivo, especialmente cuando se usa con restauraciones como Filtek Z350.

Los hallazgos de Montiel González (2020) respaldan los estudios previos, pero aportan datos in vitro recientes con microscopía óptica que fortalecen la evidencia de que la resina precalentada optimiza el sellado marginal.

Para restauraciones profundas u opacas, el cemento resinoso dual sigue siendo la mejor opción, ya que su polimerización química permite una conversión completa del material.

La combinación de adhesivos de múltiples pasos y técnicas de polimerización avanzadas puede mejorar la cementación de resina precalentada, optimizando aún más el sellado marginal.

8.2 Marco conceptual

El marco conceptual constituye una herramienta fundamental en el desarrollo de toda investigación, ya que permite delimitar, definir y articular los conceptos clave que sustentan teóricamente el objeto de estudio. En el contexto de la presente investigación, cuyo enfoque se centra en la evaluación de la microfiltración marginal en incrustaciones tipo Tabletop cementadas con diferentes agentes, resulta imprescindible comprender con claridad las bases conceptuales que intervienen en este fenómeno clínico y experimental.

Este apartado tiene como objetivo establecer una base teórica coherente que oriente la interpretación de los resultados, mediante la explicación detallada de los principales conceptos que conforman el eje del estudio: la microfiltración marginal, las características de las restauraciones tipo Tabletop, los materiales cementantes utilizados (cemento resinoso dual y resina precalentada), así como el rol de la impresión 3D en la estandarización de los modelos experimentales.

Al desarrollar este marco conceptual, se busca no solo proporcionar definiciones claras y actualizadas, sino también mostrar la interrelación entre estos elementos dentro del campo de la odontología restauradora. Esta comprensión integral permite interpretar de manera más precisa la problemática abordada y sustenta las decisiones metodológicas del estudio, contribuyendo así a la validez científica del mismo y al fortalecimiento del conocimiento en torno a las técnicas de cementación y su impacto en la adaptación marginal de las restauraciones indirectas.

Microfiltración marginal

La microfiltración marginal se define como el paso indeseado de fluidos, bacterias, moléculas o iones a través de la interfase entre el diente y el material restaurador, como resultado de una unión inadecuada o de las propiedades físico-químicas del material cementante (Salina et al., 2010; Morakot et al., 2004). Este fenómeno es una de las principales causas de

fracaso en restauraciones indirectas, ya que compromete el sellado marginal y puede derivar en caries secundaria, sensibilidad postoperatoria, inflamación pulpar y pérdida de la restauración.

Factores como la contracción por polimerización, el grosor de la película cementante, el grado de conversión del monómero, la técnica de cementación y las condiciones clínicas influyen directamente en el grado de microfiltración observado (Daronch et al., 2005; Rueggeberg et al., 2017).

Clasificación según preparación

Inlay o Intracoronarias. son aquellas restauraciones que están limitadas al interior de la estructura dental sin comprometer ninguna cúspide.

Onlays. Son aquellas restauraciones que cubren que abarca al menos una cúspide sin cubrirlas a todas.

Overlays. son restauraciones con cobertura total de cúspides indicadas en cavidades clase II de grandes dimensiones con paredes axiales sin soporte y ausencia de ambas crestas marginales (Veneziani, 2017).

TableTops. Se caracterizan por una preparación no retentiva y presentan las mismas indicaciones de los Overlay adicionales. Se consideran restauraciones extracoronales y el espesor recomendado es de 1.5-2 mm

Materiales Cementantes

Cementos Resinosos Duales. Pueden ser polimerizados por luz o por polimerización química. Una de ellas contiene peróxido de benzoilo (PB) y la otra contiene una amina terciaria aromática. La polimerización es iniciada con la mezcla del catalizador y la pasta base, se combina amina/CQ, y la química polimerización mediante la interacción amina/PB.

Disponiendo de un sistema de excitación de monómeros en polímeros como complemento, perfeccionando sus propiedades físicas, a más de incitar la reacción de polimerización (Anusavice, 2004). La reacción de polimerización de los cementos resinosos ocurre como consecuencia de un incremento de las cadenas de polímeros y formación de la cadena ácido base del fosfato de zinc, ocurre por crecimiento de la red cristalina de los fosfatos de zinc.

Resinas Termo-Modificadas. El uso de composites precalentados como agente cementante está validado por los estudios realizados en cuanto a sus propiedades mecánicas inherentes. Cuando aumentamos la temperatura de la resina conseguimos la disminución de su viscosidad, propiciando así aplicar la resina precalentada en la preparación, evitando así que la resina sea manipulada manualmente. Su manejo es similar al de las resinas fluidas, pero evitando incurrir en los beneficios de sus cualidades mecánicas inherentes las cuales son superiores al de las resinas compuestas, desgastes o su contracción por polimerización. La disminución de su viscosidad favorece mejorar la humectación de las paredes de la preparación cavitaria en contraposición a la resina compuesta a temperatura ambiente (Kogan, 2006).

Las características de estas resinas son ser radiopacas, activado por luz visible, su material de relleno es zirconio/sílice. La carga de relleno inorgánico es de 66% por volumen con un tamaño de 3.5 ± 0.01 micras. Contiene resinas BIS GMA y TEGDMA. Está diseñado para polimerizarse con la exposición de luz halógena o diodo emisor de luz (LED) con una intensidad mínima de 400mW/cm^2 .

Al unísono modificar la temperatura de la resina, facilita mejorar la adaptación marginal y evitar las formaciones de gaps o grietas que significarían una falta de sellado. A causa de calentar la resina, la movilidad molecular es mayor, entonces cabe esperar que sus propiedades mecánicas mejoren luego de la polimerización.

Modelos 3D

La impresión 3D se ha utilizado cada vez más desde la década de 1980. En 1983, Charles Hull imprimió por primera vez un objeto tridimensional. Creó la primera impresora 3D que utilizó la técnica de la estereolitografía, así como el primer programa para la virtualización. (Inca Migralla, 2020).

El término impresión 3D se usa generalmente para describir un enfoque de fabricación donde un objeto tridimensional es creado agregando múltiples capas a la vez. Este proceso se

describe más correctamente como fabricación aditiva y también se conoce como creación rápida de prototipos. (Inca Migralla, 2020).

En los últimos años, el desarrollo de la impresión 3D para aplicaciones médicas y dentales ha aumentado notablemente. El impulso para el avance en la impresión 3D para la medicina y la odontología surge de la necesidad de productos individualizados, ahorros en producciones a pequeña escala, intercambio y procesamiento más fáciles de datos de imágenes de pacientes y actualización educativa. (Inca Migralla, 2020).

Una de las ventajas más destacadas de la impresión 3D es el drástico aumento de la eficiencia y la velocidad en los procesos de producción dental. Los métodos tradicionales de creación de modelos y aparatos dentales pueden requerir mucho tiempo y mano de obra. En cambio, la impresión 3D permite construir modelos dentales capa a capa en cuestión de horas, no días, y con alta precisión lo que acelera considerablemente los tiempos de producción.

Resinas para impresión

La impresión 3D con resina, también conocida como impresión por estereolitografía o polimerización de luz ultravioleta (UV), utiliza resinas líquidas que se solidifican cuando se exponen a la luz ultravioleta existen diferentes tipos de resinas.

Resinas estándar. La resina estándar es la resina más comúnmente utilizada en la impresión 3D. Es una resina a base de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), lo que la hace resistente y duradera. La resina estándar es ideal para la creación de objetos de pequeño a mediano tamaño, y es muy empleada en la creación de prototipos.

Resinas flexibles. La resina flexible es una resina que permite la impresión de piezas que tienen cierta flexibilidad, está compuesta principalmente de poliuretano, lo que la hace suave y flexible. La resina flexible es ideal para la impresión de piezas que necesitan ser dobladas, estiradas o retorcidas.

Resinas de alta resolución. Es una resina que permite la impresión de piezas con alta precisión y resolución.

Resinas biocompatibles. Es una resina que es segura para el contacto con la piel humana y los tejidos. Está compuesta principalmente de poliuretano o epoxi, y es ideal para la impresión de piezas médicas, como prótesis y dispositivos de implante.

Resinas lavables. Es un tipo de resina de impresión 3D soluble en agua. Mientras que las resinas de impresión 3D tradicionales requieren alcohol isopropílico, la resina lavable en agua puede usarse simplemente con agua del grifo. La resina lavable en agua es apta para diversos usos de impresión 3D, como la impresión en miniatura, figuras y maquetas.

9. Marco metodológico

9.1 Tipo de investigación

La presente investigación se caracteriza por estar enmarcada dentro del enfoque cuantitativo, ser de tipo aplicada, con un nivel descriptivo, diseño experimental y un corte transversal. Esta clasificación metodológica responde a la naturaleza del problema de investigación y a los objetivos planteados, los cuales buscan observar el comportamiento de dos agentes cementantes en relación con la microfiltración marginal en restauraciones indirectas tipo Tabletop, utilizando modelos impresos en 3D bajo condiciones controladas de laboratorio.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, lo que implica la utilización de métodos sistemáticos para recolectar, medir y analizar datos numéricos. En este caso, se midió la penetración del azul de metileno al 2 % en milímetros para evaluar el nivel de filtración marginal. El enfoque cuantitativo se justifica debido a que permite establecer comparaciones objetivas, utilizar herramientas estadísticas para analizar resultados y replicar el estudio en otros contextos con condiciones similares (Hernández Sampieri, Fernández-Collado & Baptista, 2014).

El carácter cuantitativo también se manifiesta en la precisión con que se definieron las variables, en la estandarización de los procedimientos experimentales y en el análisis estadístico mediante el software SPSS. Lo cual garantiza mayor rigurosidad científica y validez interna en los estudios de tipo biomédico u odontológico.

Se clasifica como una investigación aplicada, dado que su propósito no es generar conocimiento teórico abstracto, sino ofrecer soluciones prácticas a un problema clínico real: la microfiltración marginal en incrustaciones. La elección del agente cementante en restauraciones indirectas es una decisión clínica frecuente que impacta directamente en la longevidad de los tratamientos. En este sentido, el estudio busca generar conocimiento transferible a la práctica odontológica, aportando evidencia que oriente la selección de materiales cementantes en función de su desempeño en el sellado marginal (Tamayo y Tamayo, 2004).

El nivel de profundidad del estudio es descriptivo, ya que se centra en detallar las características del fenómeno observado, es decir, el nivel de microfiltración que ocurre en las restauraciones tipo Tabletop al ser cementadas con resina precalentada o con cemento resinoso dual. No se pretende establecer una relación causal directa entre las variables, sino describir,

clasificar y comparar los comportamientos observados bajo condiciones estandarizadas (Sampieri et al., 2014).

El diseño metodológico es de tipo experimental, más específicamente un estudio experimental in vitro, ya que implica la manipulación directa de la variable independiente (tipo de agente cementante) para evaluar su efecto sobre la variable dependiente (microfiltración marginal). Este tipo de diseño es uno de los más rigurosos dentro del método científico, pues permite controlar las condiciones en las que se desarrolla el estudio y eliminar la influencia de variables externas (Sabino, 1992; Bisquerra, 2004).

Los modelos 3D fueron utilizados como una plataforma estandarizada. La aleatorización de las piezas en grupos experimentales, el uso del mismo protocolo de preparación, cementación y evaluación, y la aplicación de un método de medición uniforme (coloración con azul de metileno y análisis microscópico), son elementos que garantizan la validez interna del diseño experimental.

Finalmente, el estudio es de tipo transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un solo momento del tiempo. No se trata de un seguimiento longitudinal de las restauraciones o de su comportamiento a lo largo de semanas o meses, sino de una evaluación puntual del fenómeno filtración marginal tras la ejecución del procedimiento experimental.

Este tipo de diseño es útil cuando se desea obtener una fotografía del estado de una variable en un punto específico, lo cual es ideal para estudios que buscan determinar diferencias inmediatas entre condiciones experimentales (Bisquerra, 2004). Si bien los estudios longitudinales pueden aportar datos sobre el comportamiento a largo plazo de los materiales, el enfoque transversal resulta suficiente y adecuado para alcanzar los objetivos planteados en esta tesis.

9.2 Definición operativa de las variables

Variables por objetivo

- Filtración marginal.
- Agente cementante.

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Indicadores	Valores	Escalas de medición
Filtración marginal	Paso del azul de metileno al 2% a través de la unión del sustrato dental y restauración, observado en el instrumento.	Superficies penetradas con azul de metileno al 2%.	0: 0mm (sin filtración). 1: 0.1mm-0.5mm 3: 0.6mm-1.0mm 4:1.5mm-1.8mm 5: +1.8mm	Ordinal
Agente cementante	Material de unión entre el sustrato dental y material restaurador, indicado por el tutor.	Según material de cementación.	1: AllCem dual FGM. 2: Resina precalentada Vittra Unique FGM.	Nominal

9.3 Población

30 piezas posteriores impresas en modelos 3D.

La población constó de 30 modelos 3D distribuidos equitativamente en dos grupos experimentales: Grupo A (Resina impresa cementada con Vittra APS), Grupo B (Resina impresa cementada con AllCem dual), Cada grupo está compuesto por quince muestras, y el análisis se enfocará en la evaluación de la microfiltración marginal.

Unidad de análisis

Agente cementante.

Criterios de inclusión y exclusión

Durante el desarrollo de la presente investigación, se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el objetivo de asegurar la calidad, validez y reproducibilidad de los resultados obtenidos. En cuanto a los criterios de inclusión, se seleccionaron únicamente aquellas muestras que correspondían a incrustaciones que fueron impresas en modelos 3D, lo cual garantizó una

estandarización en las condiciones experimentales, y que estuvieran diseñadas digitalmente, asegurando precisión y uniformidad en la fabricación de las piezas.

Por otro lado, se definieron criterios de exclusión para evitar la inclusión de variables que pudieran interferir con la fidelidad del análisis. Se excluyeron todas aquellas muestras cuyas preparaciones no estuvieran calibradas adecuadamente, ya que podrían haber generado resultados inconsistentes o no comparables. Asimismo, se descartaron las muestras en las que se detectó el uso de resinas o cementos caducados, considerando que estos materiales podrían haber perdido sus propiedades físicas y químicas, afectando negativamente la adhesión y el sellado marginal. Finalmente, también se excluyeron los modelos que presentaban burbujas u otras imperfecciones estructurales visibles, ya que estas irregularidades podían comprometer la integridad del experimento y alterar los resultados de la medición de la microfiltración. Esta selección cuidadosa de las muestras permitió llevar a cabo un estudio con condiciones controladas y resultados confiables.

9.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El proceso de preparación inició con la limpieza mecánica de la pieza con piedra pómez de grano con pieza de baja velocidad a 25000 rpm, luego para la calibración de la preparación se elaboraron dos guías de reducción vertical con silicona pesada Elite HD+ de la marca Zhermack asegurando que la preparación contara con las medidas adecuadas, luego se seleccionó la fresa código G856-314-018-9-F y se calibró a 1.5 mm, se procedió a realizar la preparación tipo tabletop la cual fue realizada por un rehabilitador oral especializado. Estas preparaciones siguieron estándares clínicos para garantizar uniformidad en la forma y profundidad de las cavidades, posteriormente se digitalizaron mediante el escáner Medit i600, generando archivos CAD que fueron utilizados para la impresión de modelos 3D, dichos modelos se fabricaron en resina Anycubic blanca lavable y fueron inspeccionados minuciosamente para asegurar la ausencia de defectos, como burbujas o irregularidades, que pudieran comprometer los resultados.

Las incrustaciones de resina tipo tabletop fueron diseñadas digitalmente mediante el software CAD/CAM exocad versión 3.1, En el programa exocad se colocaron los siguientes parámetros para la elaboración de la restauración: espacio de cemento 0.08mm, cavidad 0.08mm, desde el margen 1mm, grosor mínimo 0.4mm. Posteriormente, se generaron archivos

STL optimizados para su fabricación aditiva, empleando tecnología de impresión 3D de alta precisión, con la impresora creality. Una vez realizados los 30 modelos se marcó con un lápiz de grafito la línea de terminación de la preparación para el correcto asentamiento de la incrustación, luego se marcó una línea guía en vestibular que iba desde la incrustación hasta la base modelo, esto para guiar el asentamiento de la incrustación.

Una vez obtenidos los modelos y las incrustaciones impresas, se procedió a pulir con puntas de silicona TDV optimiza las incrustaciones para eliminar irregularidades de la misma que interfirieran en el asentamiento, luego se arenó con un arenador AZDENT utilizando óxido de aluminio de 52 micras la cara interna de las incrustaciones y la superficie de la preparación, se secaron durante 20 segundos con jeringa triple. El modelo de resina arenado cumpliría la función de un resin coating, el arenado de la superficie incrementa los valores adhesivos debido a que se genera microporosidades que favorecen a la micro retención.

Se continuó con el protocolo de adhesión realizado por el especialista el cual fue, silanización de la cara interna de las incrustaciones con un micro aplicador fino, se dejó reposar durante dos minutos y se procedió a aplicar adhesivo Vittra APS en la cara interna de las incrustaciones y la superficie de las preparaciones, se aplicó aire durante 20 segundos para volatilizar los solventes sin foto polimerizar para asegurar el correcto asentamiento. Este mismo protocolo se siguió en los dos grupos experimentales.

Previamente se dejó calentar la resina Vittra APS esmalte A2 y las espátulas CT1, CT2, CT3 para evitar un choque térmico, en el precalentador a 75 grados F durante 45 minutos, luego procedimos a la cementación del grupo A, colocando la resina precalentada en la cara interna de la restauración y se asentó en el modelo, antes de la fotopolimerización se retiraron los excesos con un micro aplicador y se fotopolimerizo con la lámpara Valo X, pulió y se colocó glicerina fotopolimerizando nuevamente.

Para el grupo B se utilizó el cemento AllCem dual y se dispensó en la cara interna del material y se asentó en el modelo, antes de la fotopolimerización se retiraron los excesos con un micro aplicador y se fotopolimerizo con la lámpara Valo X, se pulió y se colocó glicerina fotopolimerizando nuevamente.

Luego en los 30 modelos se colocó esmalte de uña en la incrustación para evitar la tinción y se sumergieron en azul de metileno al 2% durante 5 días las cuales cada 24 horas se reemplazó el azul de metileno por un frasco nuevo y se dejó reposar a temperatura ambiente en un lugar con la temperatura adecuada, se procedió a lavarlas con una jeringa de 10cc con agua, una vez lavados se realizó un corte mesio-distal con 30 discos diamantados de la marca American Burrs para evitar irregularidades en el corte y se observó en el microscopio estereoscópico de la marca eakins, modelo SZM7045, con capacidad de aumento de hasta 180x el nivel de filtración con ayuda de la ficha de recolección de datos. En el programa imageJ se calibró una sonda periodontal carolina del norte Hu friedy, se tomó la fotografía bajo el microscopio y se seleccionó un punto A que iba de la punta de la sonda hasta el punto B que iba a la tercera marca que indican los 3mm, esto permitió la correcta medición de los niveles de filtración marginal de cada uno de los modelos. Posteriormente se elaboró una ficha de recolección de datos compuesta de la siguiente forma: en la primera columna se colocó el grupo (A o B), segunda columna la población o espécimen de cada grupo (A1, A2...A15 y así respectivamente con el grupo B) la tercer y cuarta columna comprende la medida de vestibular y lingual, en donde se promediaron para establecer el grado de filtración el cual comprende la última columna. Para el instrumento de medición se utilizaron valores categóricos del 0 al 5, para la confiabilidad del instrumento se utilizó el índice de kappa de Fleiss, se entrenó a 4 observadores individuales para que utilizaran el instrumento de medición y categorizar la filtración, luego con la ayuda del programa ChatGpt se proporcionaron los valores para el resultado de confiabilidad, dando así un resultado de $K=0,84$ lo cual indica una concordancia casi perfecta (almost perfect). Luego se ingresaron todos los datos obtenidos al programa SPSS para la realización de tablas cruzadas.

9.5 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

En el procesamiento de la información se llevó a cabo el cruce de variables según los objetivos los cuales son filtración marginal en incrustaciones de resina Vittra Unique según agente cementante y filtración marginal en incrustaciones de resina Vittra APS según agente cementante, para la obtención de resultados significativos y conclusiones. Para estos análisis se utilizaron distintas herramientas y softwares especializados, se empleó análisis estadístico que

permitió comprender los datos de manera cuantitativa. Se utilizaron programas como Word 2021 para la elaboración del informe final, Power Point 2021 para la elaboración de presentaciones, Zotero 1.0.1.1 para la gestión de referencias bibliográficas y SPSS para manejo de datos complejos y realización de tablas cruzadas.

10 Resultados y discusión

En la siguiente tabla se muestra la longitud de penetración en milímetros y el grado de filtración y el grado de filtración, así mismo se detallan las frecuencias registradas por cada espécimen, permitiendo observar cómo varía el grado de filtración según la longitud de penetración en el grupo de resina precalentada.

Tabla 1. *Grado de filtración marginal en incrustaciones cementadas con resina precalentada Vittra Aps*

		Grado de filtración						Total
		0	1	2	3	4	5	
Longitud de penetración	0	1	0	0	0	0	0	1
	0.3	0	1	0	0	0	0	1
	0.4	0	1	0	0	0	0	1
	0.5	0	4	0	0	0	0	4
	0.7	0	0	6	0	0	0	6
	0.8	0	0	1	0	0	0	1
	1	0	0	1	0	0	0	1
Total		1	6	8	0	0	0	15

Nota. El grado de filtración 2 fue la más frecuente representado por 8 especímenes.

Según los datos presentados, las incrustaciones que fueron cementadas con resina precalentada Vittra APS, 8 especímenes de la población presentaron un grado de filtración marginal de 2, solo 1 espécimen presento grado 0, y 6 especímenes presentaron grado 1 de filtración marginal.

En la siguiente tabla se muestra la longitud de penetración en milímetros y el grado de filtración y el grado de filtración, así mismo se detallan las frecuencias registradas por cada espécimen, permitiendo observar cómo varía el grado de filtración según la longitud de penetración en el grupo de cemento dual.

Tabla 2. *Grado de filtración marginal en incrustaciones cementadas con cemento resinoso AllCem dual*

		Grado de filtración						Total
		0	1	2	3	4	5	
Longitud de penetración	1.1	0	0	0	5	0	0	5
	1.2	0	0	0	2	0	0	2
	1.3	0	0	0	2	0	0	2
	1.4	0	0	0	2	0	0	2
	1.5	0	0	6	0	2	0	2
	1.6	0	0	1	0	2	0	2
Total		0	0	0	11	4	0	15

Nota. El grado de filtración 3 fue el más frecuente representado por 11 especímenes.

Según los datos presentados, las incrustaciones que fueron cementadas con cemento resinoso AllCem dual presentaron un mayor grado de filtración, siendo el grado 3 más representativo con 11 especímenes y 4 especímenes presentaron grado 4 de filtración marginal.

Los hallazgos obtenidos evidencian una diferencia clara en el comportamiento de los dos agentes cementantes evaluados en cuanto a microfiltración marginal. Las incrustaciones cementadas con resina precalentada Vittra APS presentaron predominantemente un grado de filtración 2 (8 de 15 muestras), mientras que 6 muestras presentaron filtración grado 1, y solo un espécimen mostro grado de filtración 0. En contraste, las muestras cementadas con AllCem dual FGM evidenciaron mayor microfiltración, con una mayoría de casos en grado 3 (11 muestras) y presencia de grado 4 en cuatro casos, lo cual indica un comportamiento menos favorable en términos de sellado marginal.

Aunque el cemento AllCem dual mostró en pruebas previas una mayor fluidez inicial, esta característica no garantizó un mejor sellado. Una posible explicación es que, si bien la fluidez favorece el asentamiento en el momento de la cementación, el proceso de polimerización dual puede generar contracciones internas que desestabilizan la interfase adhesiva. Este fenómeno podría dar lugar a la aparición de microgaps, facilitando la filtración marginal incluso en presencia de una película cementante más delgada.

Por otro lado, la resina precalentada, al ser calentada a temperaturas cercanas a 75 °C, reduce significativamente su viscosidad, lo que mejora su adaptación a las paredes cavitarias y permite un contacto más íntimo con la superficie dental. Esta fluidez controlada, sumada al hecho de que no depende de una polimerización química (como el cemento dual), puede traducirse en menor tensión interna durante el proceso de curado, favoreciendo la estabilidad del sellado marginal a largo plazo.

Además, el mayor grado de conversión de monómeros alcanzado por la resina precalentada también puede haber contribuido a un sellado más hermético. Como se indicó en estudios previos (Daronch et al., 2005; Rickman et al., 2011), este material puede alcanzar conversiones superiores al 60%, lo cual mejora tanto sus propiedades mecánicas como su adhesión.

Otro factor a considerar es que la película cementante formada por la resina precalentada puede ser más gruesa en comparación con la del cemento dual, lo que podría parecer una desventaja. No obstante, en este estudio, este aspecto no comprometió el asentamiento ni incrementó la filtración, posiblemente debido al protocolo riguroso de precalentamiento y adaptación controlada durante el procedimiento.

Estos resultados permiten afirmar que, bajo las condiciones experimentales utilizadas, la resina precalentada mostró mejor comportamiento clínico en cuanto a microfiltración marginal. Si bien AllCem dual presentó mayor fluidez de material, esta propiedad no fue suficiente para garantizar un mejor sellado, lo cual resalta la importancia de considerar no solo la fluidez, sino también el comportamiento polimérico y la estabilidad adhesiva durante la selección del agente cementante.

11 Conclusiones

El presente estudio permitió comparar, bajo condiciones controladas in vitro, el comportamiento de dos agentes cementantes en relación con la microfiltración marginal. Los resultados evidenciaron que la resina precalentada Vittra APS FGM presentó menores niveles de filtración marginal en comparación con el cemento resinoso dual AllCem FGM. Esta diferencia en el comportamiento sugiere que, en términos de sellado marginal la resina precalentada ofrece un desempeño más favorable.

Los resultados mostraron que las muestras cementadas con AllCem dual FGM presentaron, en su mayoría, filtración marginal de grado 3, con presencia también de grado 4. Este comportamiento indica una mayor tendencia a la microfiltración en este grupo experimental, lo cual puede estar asociado a las características del material, como su proceso de polimerización dual.

Las muestras cementadas con resina precalentada Vittra APS FGM mostraron un mejor desempeño, con predominio de filtración marginal de grado 2 y una proporción significativa de grado 1 de filtración y una muestra grado 0. Estos resultados reflejan una mejor adaptación marginal, posiblemente atribuida a la reducción de viscosidad del material al ser precalentado, lo que favorece su flujo y asentamiento sobre la superficie de la preparación.

La comparación directa entre ambos agentes cementantes evidenció que la resina precalentada presentó un nivel de filtración marginal menor que el cemento AllCem dual. Esta diferencia sugiere que el comportamiento reológico de la resina precalentada, su mayor grado de conversión de monómeros y su adecuada manipulación bajo temperatura controlada podrían estar influyendo positivamente en la reducción de la microfiltración.

11.1 Perspectivas de futuro

Estos resultados, si bien se obtuvieron en un entorno in vitro, aporta evidencia relevante sobre el desempeño de los agentes cementantes analizados y permiten sentar una base sólida para futuras investigaciones. Se recomienda realizar estudios con muestras más amplias,

sometidas a procesos de termociclado, simulación de fuerzas masticatorias y evaluación en condiciones in vivo, a fin de validar y profundizar en el comportamiento observado en este trabajo experimental.

A partir de los hallazgos obtenidos en esta investigación, surgen diversas oportunidades para el desarrollo de estudios futuros que permitan profundizar en la comprensión de la microfiltración marginal en restauraciones tipo tabletop. Dado que el presente estudio se realizó bajo condiciones in vitro, se sugiere replicar esta investigación en un entorno in vivo, donde se puedan considerar factores clínicos reales como la humedad, las fuerzas masticatorias, el pH salival y las variaciones térmicas propias de la cavidad oral, los cuales podrían influir en el comportamiento de los materiales cementantes evaluados.

Asimismo, se recomienda ampliar el tamaño de la muestra para fortalecer la validez estadística de los resultados y explorar el uso de otros sistemas adhesivos, así como nuevas generaciones de resinas y cementos resinosos, que podrían ofrecer mejores propiedades físicas, químicas y reológicas. La incorporación de protocolos de termociclado y pruebas de envejecimiento acelerado permitirá una mejor aproximación al desempeño de los materiales a largo plazo.

11.2 Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo investigaciones clínicas que evalúen el comportamiento de la resina precalentada y del cemento dual bajo condiciones reales en pacientes, para validar los resultados obtenidos in vitro y observar su desempeño a largo plazo.

Sería valioso explorar cómo varían los niveles de microfiltración según distintos protocolos de precalentamiento, con el fin de determinar cuál combinación de tiempo y temperatura optimiza el sellado marginal.

Futuras investigaciones podrían ampliar la comparación incluyendo otros agentes cementantes disponibles en el mercado, para establecer el comportamiento observado exclusivo de los materiales evaluados o generalizable a otras marcas.

12 Referencias

- Ambrosio Mendiola, A. P. (2011). *Agentes cementantes en odontología adhesiva restauradora* [Tesina, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM.
- Bisquerra, R. (2004). Metodología de la investigación educativa. Editorial La Muralla.
- Bustos Salvador, J. L. (2019). *Estudio experimental in vitro de la unión de dos compuestos híbridos a distintos cementos de resina compuesta* [Tesis doctoral, Universidad de València]. RODERIC.
- Guizábalo Correa, W. (2015). *Microfiltración in vitro en incrustaciones de resina empleando dos cementos fotocurables con y sin grabado ácido* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hurtado Gutiérrez, D. (2022). *Comparación in vitro de la microfiltración en la cementación de incrustaciones tipo inlay de resina con cemento dual y resina termomodificada en molares*, [Tesis de maestría, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC.
- Montiel Gonzales, D. V. (2020). *Microfiltración en incrustaciones de resina compuesta empleando resina fotocurable precalentada y cemento resinoso dual autoadhesivo como agente cementante, in vitro* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional UNAN-León.
- Ramírez Gonzalo, R. (2018). *Microfiltración in vitro en restauraciones de resina compuesta utilizando diferentes sistemas adhesivos* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO.
- Ramírez Hidalgo, G. R. (2018). *Microfiltración in vitro en incrustaciones de resina compuesta empleando resina fotocurable precalentada y cemento resinoso dual autoadhesivo como agente de cementación* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO.

- Risco Tigua, J. G., & Álvarez Lalvay, E. J. (2019). *Microfiltración marginal en incrustaciones de cerómero tipo table top cementadas con cementos resinosos: autograbantes, universales y resina termoplastificada*. Revista de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador, 21(2), 67–85.
- Rodríguez, A. M. del V., Álvarez, N. M. del R., & Christiani, J. J. (2021). *Filtración marginal y contracción en la polimerización en nuevas resinas Bulk Fill: una revisión de la literatura*. Revista de la Asociación Argentina de Odontología, 64(1), 78–85.
- Sinche Cahuana, I. R. (2023). *Microfiltración en restauraciones indirectas de tipo onlay cementadas con dual autoadhesivo, adhesivo universal y dual adhesivo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.
- Valverde Tejada, T., & Quispe Mendoza, S. (2013). *Microfiltración marginal*. Revista de Actualización Clínica Investiga, 30, 1516–1520.

13 Anexos

Anexo 1. Preparación y calibración de la pieza



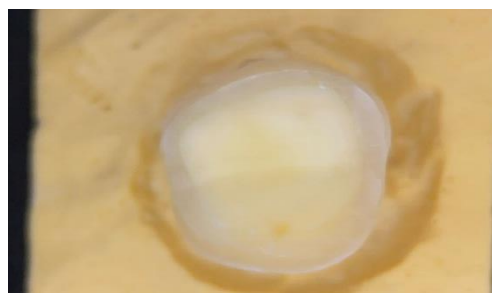
Fotografía inicial



Realización de llave de silicona para calibración de preparación.



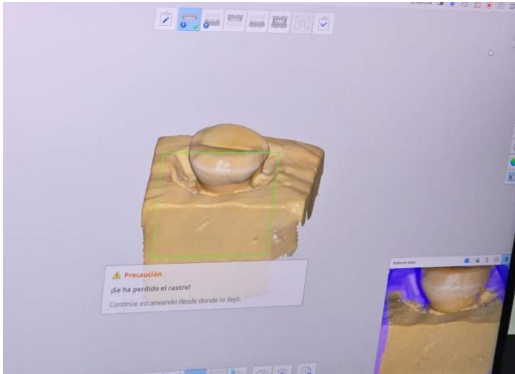
Calibración de fresa a 1.5mm



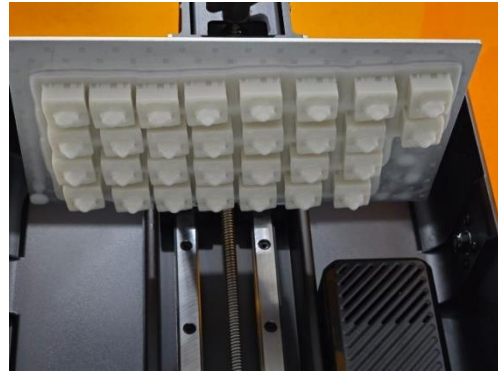
Preparación terminada y pulida

Nota. Preparación realizada por rehabilitador oral especializado.

Anexo 2. Escaneo e impresión de modelos 3D e incrustaciones



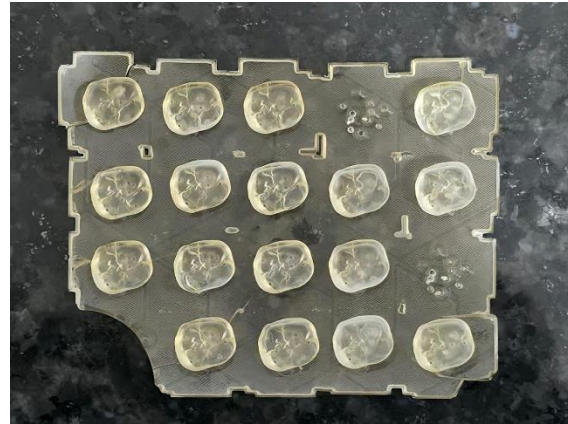
Escaneo de la preparación con escáner Medit i600



Impresión de 30 modelos 3d con impresora creality



Modelo 3d listo para protocolo de adhesión y cementación de incrustación



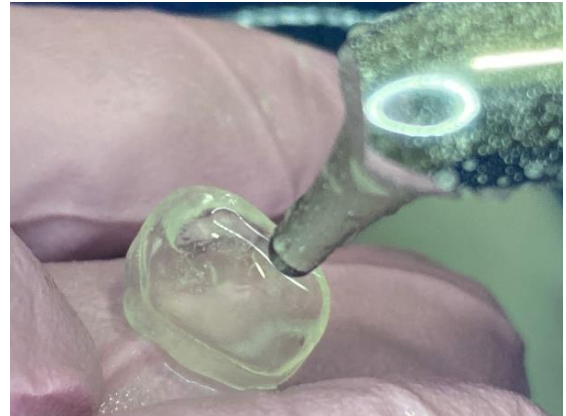
Incrustaciones impresas con resina transparente para permitir el paso de la luz.

Nota. Escaneo e impresión realizada por rehabilitador oral especializado.

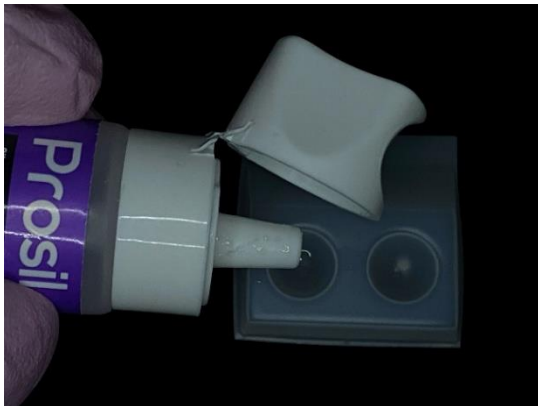
Anexo 3. Cementación de incrustaciones



Arenado de preparación con óxido de aluminio



Arenado de incrustación con óxido de aluminio



Colocación de silano durante dos minutos.



Colocación de adhesivo, este no se polimerizo.

Nota. Este paso se realizó en todos los modelos 3d e incrustaciones.

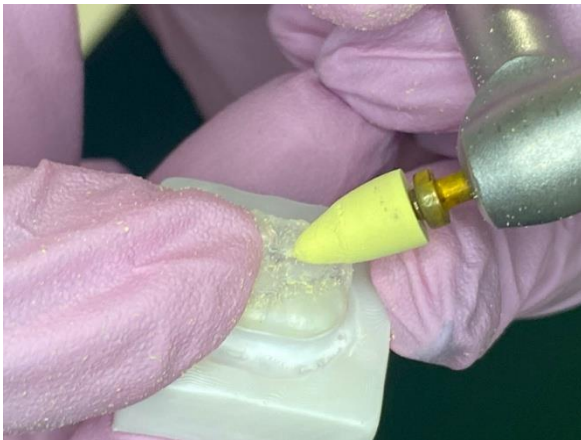
Anexo 4. Cementación de incrustaciones



Precalentamiento de espátulas y resinas a 75 grados F.



Incrustaciones cementadas con resina precalentada y cemento dual.



Pulido de incrustación



Incrustación cementada y pulida.

Nota. Protocolo realizado por un solo operador

Anexo 5. Colocación en azul metileno



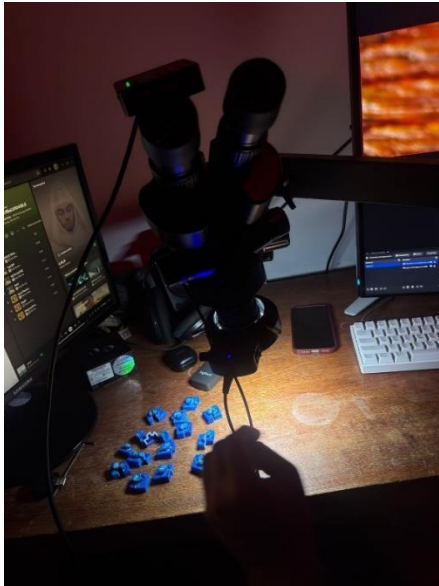
Frascos de azul de metileno al 2%



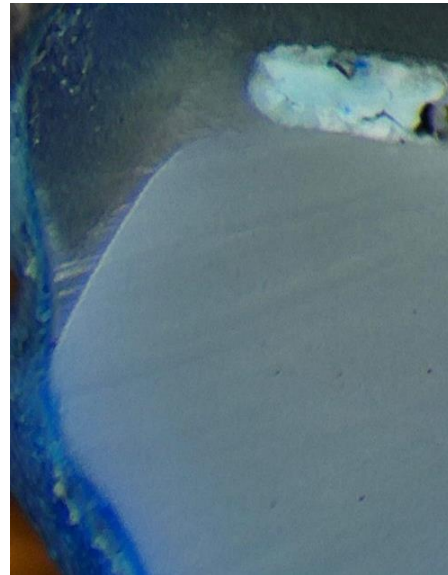
Colocación de modelos 3d en azul de metileno, se colocó líquido hasta que quedaran cubiertos

Nota. Modelos 3d se dejaron sumergidos durante 5 días, líquido se cambió cada 24 horas

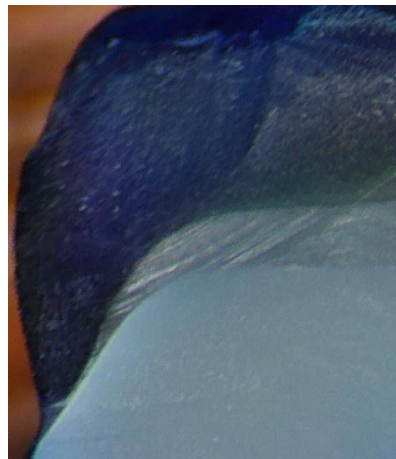
Anexo 6. Observación en el microscopio



Observación en microscopio estereoscópico de la marca eakins, modelo SZM7045, con capacidad de aumento de hasta 180x.



Filtración marginal en incrustación table top cementada con AllCem Dual FGM.



Incrustación tabletop cementada con resina precalentada Vittra Aps FGM, grado 0 de filtración marginal.

Nota. Observación en el microscopio realizada por un solo operador.

Anexo 7. Carta aval para validación de instrumento utilizada para la recolección de datos

Managua, Nicaragua

Marzo, 2025

A quien corresponda:

Yo, Dr. Ilich Sevilla Pérez, en mi calidad de Tutor Científico de la investigación titulada:

“Filtración marginal en incrustaciones Tabletop cementadas sobre modelos 3D, Clínica INBOCA, marzo 2025”, realizada por los estudiantes Marling Nahomy Benavidez Figueroa y Eddy Josué Madrigal Mendoza, aspirantes al título de Cirujano Dentista de la Universidad Católica Redemptoris Mater (UNICA), por este medio hago constar que:

He revisado y validado el instrumento de recolección de datos diseñado para dicha investigación, específicamente la ficha de observación para la evaluación de microfiltración marginal. Después de un análisis técnico y metodológico, certifico que dicho instrumento es pertinente, coherente con los objetivos del estudio y científicamente válido para la recolección de datos en un entorno experimental in vitro.

El contenido del instrumento se ajusta a las variables planteadas y cumple con los criterios éticos y académicos requeridos, garantizando así la fiabilidad y validez de los datos obtenidos en el proceso investigativo. Por tanto, avalo el uso de este instrumento como herramienta oficial en la fase de recolección de datos de la presente tesis.

Sin otro particular, suscribo la presente para los fines pertinentes.

Atentamente, Dr. Ilich Sevilla Pérez

Máster en Odontología Restauradora y Estética

Tutor Científico

ORCID: 0009-0004-7874-269

Firma: _____



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Ficha de recolección de datos

[illegible]

Galering

Dr. Ilich Sevilla Pérez

Master en Estética Dental

Dra. Valeria Lezama

Operatoria Dental Estética

Anexo 9. Validacion de valores para determinar el grado de filtración marginal



UNIVERSIDAD CATÓLICA REDEMPTORIS MATER

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Tema: Filtración marginal en incrustaciones de resina Tabletop cementadas sobre modelos 3D, Clínica INBOCA, marzo 2025.

Tabla de valores para determinar el grado de filtración marginal

Valores
0: 0mm 1: 0.1mm-0.5mm 2: 0.6mm-1.0mm 3: 1.1mm-1.4mm 4: 1.5mm-1.8mm 5: + 1.8mm

Dr. Ilich Sevilla Pérez

Master en Estética Dental

Dra. Valeria Lezama

Operatoria Dental Estética

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Nosotros, [Marling Nahomy Benavidez Figueroa](#) con cédula de identidad [441-260603-1004Q](#), y [Eddy Josué Madrigal Mendoza](#) con cédula de identidad [041-280103-100B](#), egresados del programa académico de Grado, [Cirujano dentista](#) declaramos que:

El contenido del presente documento es un reflejo de nuestro trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, nos hacemos responsables de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Católica Redemptoris Mater (UNICA).

Así mismo, autorizamos a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de nuestro trabajo de investigación, bajo el título [Filtración marginal en incrustaciones Tabletop cementadas sobre modelos 3D, Clínica INBOCA, marzo 2025](#)

En el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hacemos desde nuestra libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los [05](#) días del mes [junio](#) de 2025.

Atentamente,

[Marling Nahomy Benavidez Figueroa](#)

mbenavidez@unica.edu.ni

Firma: _____



[Eddy Josué Madrigal Mendoza](#)

Emadrigal@unica.edu.ni

Firma: _____

