



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología Escuela Profesional de Odontología

Microfiltración marginal en tres protocolos de restauración de resinas compuestas en cavidades clase I. Arequipa, 2025

Tesis presentada por:

Midolo Gonzales, Juan del Piero

ORCID: 0009-0001-2910-1580

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

Dr. Paredes Muñoz, Gilmar Hugo

ORCID: 0000-0003-1291-3205

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 22 de Mayo del 2026

Dictamen: 017713-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 017713, presentado por:

2020203581 - MIDOLO GONZALES JUAN DEL PIERO

Titulado:

**MICROFILTRACIÓN MARGINAL EN TRES PROTOCOLOS DE RESTAURACIÓN DE RESINAS
COMPUESTAS EN CAVIDADES CLASE I. AREQUIPA, 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CIRUJANO DENTISTA

**29714707 - QUIROZ HUERTA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR**



**29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR**



Microfiltración marginal en tres protocolos de restauración de resinas compuestas en cavidades clase I. Arequipa, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

12%

2

repositorio.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

www.rodyb.com

Fuente de Internet

1%

6

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, por haberme bendecido con la salud, la guía y la fortaleza necesaria para poder superar cada reto en este trayecto universitario.

De forma infinitamente especial, a mis padres, quienes han sido el pilar incondicional de mi vida y mi mayor fuerza.



AGRADECIMIENTOS

A mis queridos padres, gracias por su respaldo absoluto, por cada sacrificio silencioso y por sostenerme en esos momentos de mayor cansancio y desvelo. Su apoyo moral, económico y emocional fue el combustible que me permitió no rendirme jamás. Este título universitario no es solo mío, es el fruto de su amor, de sus consejos y de esa fe inquebrantable que siempre tuvieron en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. Gracias por ser mi refugio seguro y mi ejemplo diario de superación.

A mis hermanas, por ser mi soporte fundamental, mi alegría en los días más difíciles. Gracias por su complicidad, por sus palabras de aliento constantes y por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino, mostrándome el verdadero significado de la unión y el cariño incondicional.

Asimismo, expreso mi más sincera gratitud a Miguel, por su valiosa presencia y por ser un respaldo fundamental en este camino. Gracias por tu paciencia infinita y por tus palabras de aliento en aquellos momentos de tanto estrés donde sentía que quería tirar la toalla; tu motivación y constancia fueron clave para recordarme que sí podía lograrlo. Gracias por creer en mí y por celebrar conmigo el final de esta gran etapa.

A todos ellos, mi gratitud por siempre.

RESUMEN

El objetivo central de la presente investigación fue determinar el grado de microfiltración marginal al comparar dos protocolos de reparación de resinas compuestas (micro arenado y silanizado) en cavidades Clase I bajo condiciones experimentales in vitro. Específicamente, se buscó evaluar de manera individual el comportamiento del sellado marginal tras el acondicionamiento de la superficie con óxido de aluminio y con un agente de acoplamiento silano, con el fin de establecer cuál de estas técnicas minimiza el riesgo de filtración.

La metodología se basó en un diseño experimental consistente en 36 muestras fabricadas con resina Filtek Z350 XT, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en tres grupos de 12 muestras cada uno: un grupo control (sin acondicionamiento adicional), un grupo tratado con micro arenado y un grupo tratado con silano. Tras la confección de cavidades estandarizadas y la ejecución de los respectivos protocolos de reparación, las muestras fueron sometidas a un proceso de envejecimiento artificial mediante 500 ciclos de termociclaje y una posterior inmersión en azul de metileno al 2% durante 24 horas; finalmente, las muestras fueron seccionadas para su observación en estereomicroscopio a 32x y clasificadas según el grado de penetración del colorante.

Los resultados indicaron que el grupo control presentó la mayor vulnerabilidad marginal, con un 50% de las muestras en niveles de filtración profunda (Grados 2 y 3), mientras que el grupo de silanizado demostró el desempeño más eficiente con un 41.7% de sellado total (Grado 0) y un 50% de filtración superficial (Grado 1). El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis confirmó diferencias significativas entre los tres grupos evaluados ($P = 0.022$). Asimismo, la comparación por pares a través de la prueba U de Mann-Whitney reveló que el silanizado es estadísticamente superior al grupo control ($P = 0.013$), mientras que el micro arenado, no alcanzó una diferencia significativa frente al control ($P = 0.081$).

En conclusión, la aplicación de protocolos de acondicionamiento influye de manera determinante en el grado de microfiltración marginal de las reparaciones de resina compuesta en cavidades Clase I. Se establece que el protocolo de silanizado es la técnica más efectiva para optimizar el sellado marginal. Por su parte, el micro arenado constituye una alternativa clínica que mejora el sellado al eliminar los casos de filtración severa, pero estadísticamente inferior al acondicionamiento con silano.

Palabras clave: Microfiltración marginal, micro arenado, silanizado.

ABSTRACT

The central objective of this research was to determine the degree of marginal microleakage by comparing two composite resin repair protocols (micro-sandblasting and silanizing) in Class I cavities under in vitro experimental conditions. Specifically, the study sought to individually evaluate the marginal sealing performance after surface conditioning with aluminum oxide and with a silane coupling agent, in order to establish which of these techniques minimizes the risk of leakage.

The methodology was based on an experimental design consisting of 36 samples fabricated with Filtek Z350 XT resin, which were randomly distributed into three groups of 12 samples each: a control group (without additional conditioning), a group treated with micro-sandblasting, and a group treated with silane. After the fabrication of standardized cavities and the execution of the respective repair protocols, the samples were subjected to an artificial aging process using 500 thermocycling cycles and subsequent immersion in 2% methylene blue for 24 hours. Finally, the samples were sectioned for observation under a stereomicroscope at 32x magnification and classified according to the degree of dye penetration.

The results indicated that the control group exhibited the greatest marginal vulnerability, with 50% of the samples showing deep filtration levels (Grades 2 and 3), while the silanized group demonstrated the most efficient performance with 41.7% total sealing (Grade 0) and 50% surface filtration (Grade 1). Statistical analysis using the Kruskal-Wallis test confirmed significant differences among the three groups evaluated ($P = 0.022$). Furthermore, pairwise comparisons using the Mann-Whitney U test revealed that the silanized group was statistically superior to the control group ($P = 0.013$), while the micro-sandblasting group did not reach a significant difference compared to the control ($P = 0.081$).

In conclusion, the application of conditioning protocols significantly influences the degree of marginal microleakage in composite resin restorations in Class I cavities. The silanization protocol has been established as the most effective technique for optimizing marginal sealing. Micro-sandblasting, on the other hand, is a clinical alternative that improves sealing by eliminating cases of severe leakage, but is statistically inferior to silane conditioning.

Keywords: Marginal microleakage, micro-sandblasting, silanization.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I 2

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3

1.1. Determinación del problema 3

1.2. Descripción del problema 3

1.4.2 Importancia científica 5

1.4.3 Importancia Social 6

1.4.1 Originalidad 6

1.4.5 Viabilidad 6

2. OBJETIVOS 7

2.1 Objetivo General 7

2.2 Objetivos Específicos 7

3. MARCO TEÓRICO 8

3.1. Marco Conceptual 8

3.1.1. Odontología Restauradora 8

3.1.2. Microfiltración Marginal 16

3.1.3. Protocolos de Reparación de Resinas Compuestas 22

3.2. Antecedentes investigativos 26

3.2.1. Locales: 26

3.2.2. Nacionales: 27

3.2.3. Internacionales: 29

4. HIPÓTESIS	32
CAPITULO II.....	33
1. METODOLOGÍA	34
1.1. Variables.....	34
1.2. Técnica de investigación	34
1.3. Técnica de ejecución de investigación.....	34
1.3.1 Selección de muestras.....	34
1.3.2 Tamaño de la muestra.....	35
1.3.3 Preparación de muestras y metodología:	36
1.3.4 Termociclaje	37
1.3.5 Inmersión en el colorante.....	38
1.3.6 Corte de las muestras.....	38
1.3.7 Estereomicroscopio	39
1.3.8 Instrumentos.....	39
1.3.9 Materiales.....	39
1.4. Variables estadísticas	40
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	40
2.1. Ubicación Espacial.....	40
2.2. Unidades de Estudio.....	40
3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1. Consideraciones éticas	41
3.2. Recursos	41
CAPITULO III.....	43
RESULTADOS	43
DISCUSIÓN.....	58
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63

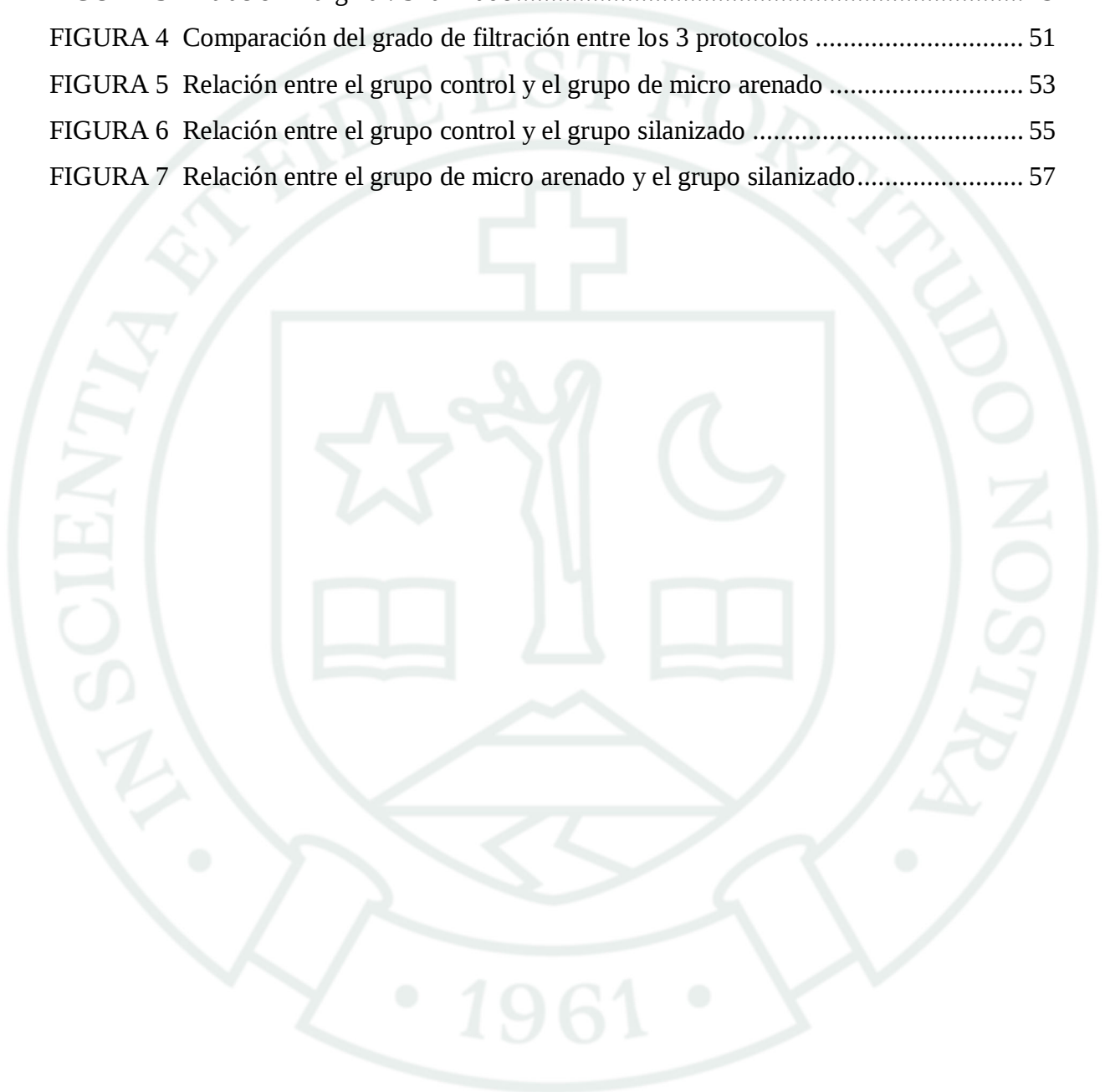


ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Taxonomía	5
TABLA 2	Matriz de consistencia	34
TABLA 3	Ficha de observación	39
TABLA 4	Análisis Estadístico	40
TABLA 5	Unidades de Estudio	40
TABLA 6	Cronograma de actividades.....	42
TABLA 7	Filtración marginal grupo control	44
TABLA 8	Filtración marginal. Micro arenado.....	46
TABLA 9	Filtración marginal. Silanizado	48
TABLA 10	Comparación del grado de filtración entre los 3 protocolos	50
TABLA 11	Relación entre el grupo control y el grupo de micro arenado	52
TABLA 12	Relación entre el grupo control y el grupo silanizado	54
TABLA 13	Relación entre el grupo de micro arenado y el grupo silanizado	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Filtración marginal grupo control	45
FIGURA 2 Filtración marginal. Micro arenado	47
FIGURA 3 Filtración marginal. Silanizado.....	49
FIGURA 4 Comparación del grado de filtración entre los 3 protocolos	51
FIGURA 5 Relación entre el grupo control y el grupo de micro arenado	53
FIGURA 6 Relación entre el grupo control y el grupo silanizado	55
FIGURA 7 Relación entre el grupo de micro arenado y el grupo silanizado.....	57



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: FICHAS

FICHA 1 Recolección de datos. Grupo Silanizado	71
FICHA 2 Recolección de datos. Grupo Micro arenado	71
FICHA 3 Recolección de datos. Grupo control.....	72
FICHA 4 Dictamen del comité de ética	73

ANEXO 2: IMÁGENES

IMAGEN 1 Resina Z350 XT.....	75
IMAGEN 2 Micro arenador	75
IMAGEN 3 Silano	76
IMAGEN 4 Elaboración de muestras	76
IMAGEN 5 Elaboración de muestras	77
IMAGEN 6 Termociclaje	77
IMAGEN 7 Termociclaje	78
IMAGEN 8 Inmersión en colorante.....	78
IMAGEN 9 Muestras	79
IMAGEN 10 Grupo control. Grado 1	79
IMAGEN 11 Grupo control. Grado 3	80
IMAGEN 12 Grupo Micro arenado. Grado 1.....	80
IMAGEN 13 Grupo Micro arenado. Grado 0.....	81
IMAGEN 14 Grupo Silanizado. Grado 1.....	81
IMAGEN 15 Grupo Silanizado. Grado 0.....	82

INTRODUCCIÓN

La odontología moderna tiene como uno de sus pilares fundamentales la restauración de la estructura dental perdida a causa de la caries, siendo las resinas compuestas el material de elección en innumerables situaciones. Estos materiales no solo buscan devolver la función y la estética del diente, sino que su éxito a largo plazo está determinado por su capacidad de sellar la cavidad de forma duradera. Un sellado efectivo es la primera línea de defensa contra la microfiltración, un fenómeno clínico crítico que consiste en el paso microscópico de bacterias, fluidos y moléculas entre la restauración y las paredes del diente (1).

El desafío del sellado ideal surge de la compleja interacción entre el material restaurador y el sustrato dental. A pesar de los avances en los sistemas adhesivos, la polimerización de la resina compuesta genera tensiones de contracción, creando brechas microscópicas en los márgenes de la restauración. Estas brechas son la puerta de entrada para la microfiltración, un problema particularmente relevante en cavidades Clase I, aquellas que se preparan en las superficies oclusales de piezas posteriores (2).

Ante una restauración con defectos marginales o microfiltración, el clínico se enfrenta a un dilema: reemplazar completamente la resina o intentar repararla. La reposición total implica la pérdida de estructura dental sana y un mayor tiempo de tratamiento. Por ello, la técnica de reparación se presenta como una alternativa mínimamente invasiva, conservadora y económica. Este procedimiento consiste en añadir nuevo material de resina compuesta sobre la restauración existente, previa preparación de la superficie y aplicación de un nuevo adhesivo. Sin embargo, la efectividad de este método para lograr un sellado confiable y duradero depende en gran medida del protocolo de acondicionamiento superficial que se utilice (3).

Es en este contexto donde surge la necesidad de investigar y comparar científicamente los distintos protocolos de reparación. Al evaluar de manera comparativa la capacidad de dos técnicas distintas para minimizar la microfiltración (silanizado y micro arenado), este trabajo pretende aportar evidencia científica que guíe a los odontólogos en la selección del protocolo más efectivo, promoviendo así una práctica clínica más efectiva, conservadora y orientada a la durabilidad de los tratamientos restauradores (4).



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

A pesar de la constante evolución de las resinas compuestas y los protocolos adhesivos, la microfiltración marginal sigue siendo una de las principales causas de fracaso de las restauraciones de Clase I. Esta falla se asocia directamente con la degradación del sellado en la interfaz diente-restauración, llevando a consecuencias clínicas graves como la aparición de caries secundarias. Tradicionalmente, la solución ante una restauración con microfiltración o defectos marginales localizados era la remoción y el reemplazo total de la restauración. Sin embargo, este enfoque invasivo contraviene los principios actuales de la Odontología de Mínima Intervención.

Actualmente, la práctica se inclina hacia la reparación de las restauraciones defectuosas, un procedimiento que extiende su vida útil de manera conservadora. No obstante, la efectividad de la reparación depende intrínsecamente del protocolo utilizado, siendo crucial lograr una adhesión óptima entre la resina antigua y la resina nueva para evitar la reaparición de la microfiltración. Por lo tanto, surge el principal problema de cuál es la técnica o protocolo de preferencia para realizar una reparación que disminuya el riesgo de microfiltración. Determinar la técnica que minimiza este riesgo es fundamental para establecer guías clínicas basadas en la evidencia que optimicen la longevidad de las restauraciones dentales sin recurrir al reemplazo total.

1.2. Descripción del problema

a) Áreas del conocimiento

- Área general : Ciencias de la Salud
- Área específica : Odontología
- Especialidad : Odontología Restauradora
- Tópico : Biomateriales dentales

1.3 Pregunta de Investigación

a. Principal

- ¿Existe alguna diferencia significativa en la microfiltración marginal al comparar tres protocolos de restauración de resinas compuestas bajo condiciones experimentales in vitro?

b. Específicas

- ¿Cuál es el grado de filtración en cavidades clase I luego de acondicionar la superficie mediante silanizado?
- ¿Cuál es el grado de filtración en cavidades clase I luego de acondicionar la superficie mediante micro arenado?
- ¿Cuál es el grado de filtración en cavidades clase I sin aplicar ningún protocolo de acondicionamiento?

1.4 Taxonomía de la investigación

TABLA 1 Taxonomía

Categoría Taxonómica	Descripción	Justificación
Propósito	Aplicada	Busca generar conocimiento práctico que permita establecer protocolos de reparación más efectivos
Enfoque Metodológico	Cualitativa ordinal	Se basa en la medición de la variable dependiente (grado de microfiltración) y el uso de análisis estadístico.
Diseño de la Investigación	Experimental (In vitro)	Se manipulará la variable independiente (protocolo de reparación) en un entorno de laboratorio
Alcance o Nivel	Explicativo / Correlacional	Busca establecer una relación de causa y efecto entre las variables
Temporalidad	Transversal	La recolección de datos se realizará en un único momento tras finalizar la experimentación

1.5 Justificación del problema

1.4.2 Importancia científica

La microfiltración es una de las principales causas de fracaso en restauraciones, provocando caries secundarias entre otros problemas. Este trabajo busca generar evidencia sobre qué protocolo de reparación logra un sellado marginal más efectivo, fortaleciendo los principios científicos de la adhesión en condiciones clínicas realistas y optimizando los procedimientos de mantenimiento restaurador.

1.4.3 Importancia Social

La investigación promueve una odontología más conservadora y accesible. Al validar una técnica de reparación, se evita el remplazo completo de la restauración, lo que preserva estructura dental sana, reduce el tiempo y costo del tratamiento para el paciente, y aumenta la longevidad de los tratamientos, beneficiando directamente en la salud bucal de la población.

1.4.1 Originalidad

Pienso que el estudio es novedoso al evaluar y comparar el desempeño de dos protocolos de reparación clínicamente utilizados, pero no suficientemente validados, para reparación de resinas. Se trata de evaluar técnicas que permitan una opción alternativa y menos invasiva en el caso de reparar una restauración con resina.

1.4.5 Viabilidad

La investigación es altamente viable. Utiliza una metodología establecida (microfiltración con colorantes) en un diseño experimental controlado in vitro. Los materiales y equipos requeridos (resinas, adhesivos, termociclaje, microscopio) son de uso rutinario en laboratorios de investigación, haciendo el estudio reproducible y extrapolable a condiciones clínicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Determinar el grado de microfiltración marginal al comparar tres protocolos de restauración de resinas compuestas bajo condiciones experimentales in vitro.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el grado de filtración en cavidades clase I luego de acondicionar la superficie mediante silanizado.
- Evaluar el grado de filtración en cavidades clase I luego de acondicionar la superficie mediante micro arenado.
- Evaluar el grado de filtración en cavidades clase I sin aplicar ningún protocolo de acondicionamiento.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Marco Conceptual

3.1.1. Odontología Restauradora

a) Historia y evolución de los materiales restauradores

La evolución de los materiales restauradores en odontología ha estado estrechamente relacionada con el desarrollo científico y tecnológico, así como con las demandas estéticas y funcionales de los pacientes. En sus inicios, los materiales restauradores incluían metales como el oro, que ofrecían excelente resistencia mecánica, pero carecían de propiedades estéticas. Posteriormente, la introducción de la amalgama de plata representó un avance significativo debido a su durabilidad, facilidad de manipulación y bajo costo, convirtiéndose en el material predominante durante gran parte del siglo XX. Sin embargo, su uso ha disminuido progresivamente debido a preocupaciones estéticas y ambientales, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas más biocompatibles y estéticas (5).

El desarrollo de las resinas compuestas en la década de 1960 marcó un punto de inflexión en la odontología restauradora. Estos materiales permitieron por primera vez la adhesión al tejido dental y una adecuada mimetización con el color del diente. A lo largo de las décadas, los avances en la composición de las resinas, los sistemas adhesivos y las técnicas de fotopolimerización han permitido mejorar significativamente sus propiedades mecánicas, su estabilidad de color y su comportamiento clínico, consolidándolas como el material de elección en muchas situaciones clínicas (6).

En la actualidad, la evolución de los materiales restauradores se orienta hacia el desarrollo de biomateriales inteligentes que no solo restauren la estructura dental, sino que también interactúen con el entorno biológico. Las resinas compuestas modernas, como las nanohíbridas y bulk-fill, buscan reducir la contracción por polimerización, mejorar la profundidad de curado y aumentar la longevidad clínica. Este enfoque responde a los principios de la odontología mínimamente invasiva, priorizando la conservación de la estructura dental y la durabilidad de los tratamientos (7).

b) Estructura y composición de las resinas compuestas

Los materiales compuestos, antes conocidos como "resinas reforzadas" o "resinas compuestas", son ahora los más utilizados en las restauraciones de resina compuesta. Además, en los últimos años han cobrado mayor relevancia en el campo de las restauraciones rígidas.

Mediante la unión de dos materiales distintos, se puede formar una nueva estructura. Las propiedades de la sustancia están influenciadas por diversos criterios, como el volumen y las características de cada componente, su distribución y la fuerza del enlace entre ellos (8).

Las resinas compuestas son materiales restauradores formados por una matriz orgánica, un relleno inorgánico y un agente de acoplamiento. La matriz orgánica está constituida principalmente por monómeros dimetacrilatos como Bis-GMA, UDMA y TEGDMA, los cuales determinan propiedades como la viscosidad, la manipulación y la contracción de polimerización. Estos monómeros, al ser polimerizados mediante activación lumínica, forman una red tridimensional que confiere rigidez al material (9).

El relleno inorgánico está compuesto por partículas de vidrio, sílice o cerámica, cuya función principal es mejorar las propiedades mecánicas del material, reducir la contracción de polimerización y aumentar su resistencia al desgaste. El tamaño y la distribución de estas partículas han evolucionado significativamente, pasando de macropartículas a nanopartículas, lo que ha permitido mejorar tanto las propiedades estéticas como la capacidad de pulido y la resistencia del material (10).

El agente de acoplamiento, generalmente silano, permite la unión química entre la matriz orgánica y el relleno inorgánico, facilitando la transferencia de cargas y aumentando la resistencia del material. Además, las resinas compuestas contienen sistemas iniciadores, aceleradores, inhibidores y pigmentos que influyen en la polimerización, la estabilidad de color y la durabilidad clínica. La adecuada interacción entre estos componentes es fundamental para garantizar el éxito clínico de las restauraciones (11).

c) Clasificación de las restauraciones dentales

- Restauraciones directas

Las restauraciones dentales se clasifican en directas e indirectas, siendo las restauraciones directas aquellas que se realizan directamente en la cavidad oral del paciente en una sola sesión clínica. Estas restauraciones utilizan principalmente resinas compuestas y se caracterizan por su menor costo, rapidez de ejecución y conservación de la estructura dental, lo que las convierte en una opción ampliamente utilizada en la práctica clínica contemporánea (12).

Las restauraciones directas con resina compuesta ofrecen ventajas significativas en términos de estética y adhesión al tejido dental, permitiendo una distribución más uniforme de las tensiones y una mayor conservación del tejido sano. Sin embargo, su éxito clínico depende de múltiples factores, como la técnica operatoria, el control de la humedad, la correcta polimerización y la selección adecuada del material (13).

- Restauraciones indirectas

Las restauraciones indirectas son aquellas que se elaboran fuera de la cavidad oral, generalmente en laboratorio dental o mediante sistemas CAD/CAM, y posteriormente son cementadas o adheridas al diente preparado. Este tipo de restauraciones incluye incrustaciones (inlays), recubrimientos cuspídeos (onlays), carillas y coronas completas, las cuales pueden fabricarse a partir de materiales como cerámicas, resinas compuestas indirectas o aleaciones metálicas (14).

Una de las principales ventajas de las restauraciones indirectas radica en su mayor control de las propiedades físicas y mecánicas, ya que su fabricación en condiciones controladas permite optimizar la polimerización o sinterización del material. Esto se traduce en una mayor resistencia al desgaste, mejor estabilidad dimensional y una adaptación marginal más precisa en comparación con las restauraciones directas. Además, presentan mejores propiedades estéticas, especialmente en el caso de las cerámicas, que ofrecen una excelente translucidez y mimetización con los tejidos dentales (15).

Sin embargo, las restauraciones indirectas también presentan ciertas desventajas, como un mayor costo económico, la necesidad de múltiples sesiones clínicas y la dependencia de procedimientos adicionales como la toma de impresiones o el escaneo digital. Asimismo, requieren una mayor remoción de estructura dental en algunos casos, lo que puede ir en contra de los principios de la odontología mínimamente invasiva si no se realiza una adecuada planificación del tratamiento (16).

Desde el punto de vista clínico, las restauraciones indirectas están indicadas en cavidades extensas, dientes con pérdida significativa de estructura, restauraciones previas defectuosas o cuando se requiere una rehabilitación estética de alta demanda. Su éxito depende en gran medida de factores como la precisión del ajuste marginal, la calidad del sistema de cementación adhesiva y la correcta selección del material en función de las cargas oclusales y las condiciones del paciente (17).

d) El proceso de degradación de las restauraciones de resina

- **Fallas mecánicas (desgaste, fractura):**

Las restauraciones de resina compuesta están sometidas a múltiples factores que pueden comprometer su integridad a lo largo del tiempo. Entre las fallas más frecuentes se encuentran el desgaste y la fractura, los cuales pueden ser consecuencia de fuerzas oclusales excesivas, fatiga del material o defectos en la técnica operatoria. El desgaste progresivo puede alterar la anatomía oclusal y afectar la función masticatoria, mientras que las fracturas pueden comprometer la integridad estructural de la restauración (18).

- **Fallas adhesivas (Microfiltración):**

Las fallas adhesivas constituyen una de las principales causas de fracaso de las restauraciones de resina compuesta. Estas fallas están estrechamente relacionadas con la contracción de polimerización, que genera tensiones en la interfase diente-restauración, provocando la formación de microespacios. Estos espacios permiten la microfiltración, definida como el paso de bacterias, fluidos y sustancias a lo largo de la interfase, lo que puede

conducir a sensibilidad postoperatoria, decoloración marginal y caries secundaria (19).

La microfiltración es un fenómeno multifactorial que depende tanto de las propiedades del material como de la técnica clínica empleada. Factores como la calidad del sistema adhesivo, el protocolo de fotopolimerización y el manejo adecuado del campo operatorio son determinantes para minimizar este problema. En este contexto, la investigación sobre técnicas de reparación y acondicionamiento superficial adquiere relevancia para mejorar el sellado marginal y prolongar la vida útil de las restauraciones (20).

e) **Propiedades de las resinas**

- **Presencia de partículas inorgánicas:** Generalmente se acepta que la presencia de componentes inorgánicos en las resinas compuestas contribuye a la reducción de la contracción por polimerización, la absorción de agua y el coeficiente de dilatación térmica del material. Por otro lado, una mayor proporción de relleno inorgánico dificulta la limpieza y el pulido de la superficie de la resina. Medidas en peso, las resinas fluidas contienen aproximadamente un sesenta por ciento de relleno inorgánico, mientras que las resinas microparticuladas contienen aproximadamente un setenta por ciento. Las resinas microhíbridas y nanoparticuladas presentan un contenido inorgánico de alrededor del 75%, mientras que las resinas compuestas condensables alcanzan aproximadamente un 84% de contenido inorgánico durante el proceso de fabricación (21).
- **Contracción de polimerización y filtración marginal:** La contracción que se produce durante la polimerización de las resinas compuestas puede variar entre el 1,67 % y el 5,68 % de su volumen total, con presiones de contracción que alcanzan hasta 300 kilogramos por centímetro cuadrado. Además, cuando no se utiliza el grabado ácido en combinación con resina fluida, una de las principales causas del fracaso del procedimiento restaurador es la adaptación inadecuada en la interfaz entre el diente y la restauración. Incluso una vez establecida la adhesión al esmalte, se ha demostrado en diversos

estudios que estas fuerzas de contracción pueden provocar microfisuras en la superficie de la resina, así como fracturas marginales en la estructura dental. Por otro lado, las resinas compuestas se expanden al absorber agua. Esta expansión higroscópica, que puede variar entre el 0,07 % y el 0,80 % del volumen, podría compensar parcialmente la contracción que se produce durante el proceso de polimerización, lo que a su vez favorece un mejor ajuste de la restauración a las paredes de la cavidad. Una vez que la resina haya alcanzado esta expansión, se recomienda realizar los tratamientos de acabado y pulido veinticuatro horas después de la restauración. Esto se debe a que estos procedimientos se consideran clínicamente importantes (22).

El término «contracción» se refiere a la disminución de volumen que experimenta el material durante el proceso de endurecimiento, lo que genera tensión en la interfaz entre la resina y la estructura dental. La microfiltración, la sensibilidad postoperatoria y, finalmente, el fallo de la restauración son posibles consecuencias de esta tensión. En comparación con las resinas que contienen un menor porcentaje de relleno, las resinas nanohíbridas presentan menor contracción debido a la alta concentración de partículas de relleno que contienen (23).

- **Grado de conversión:** Las propiedades físicas de la resina compuesta están directamente relacionadas con su grado de conversión, que se define como la cantidad de monómero que se transforma en polímero. Esta relación se establece una vez finalizado el proceso de restauración. En comparación con las resinas compuestas polimerizadas químicamente, las resinas compuestas fotopolimerizables presentan un mayor grado de conversión durante todo el proceso. Además, el uso de técnicas complementarias de polimerización por calor permite un aumento aún mayor de este grado de conversión, una técnica ampliamente utilizada en restauraciones indirectas (21).
- **Estabilidad del color:** La estabilidad del color de las resinas compuestas activadas químicamente es más variable. Esto se debe, en parte, a que, en comparación con otros tipos de resina, contienen una mayor cantidad de aminas aromáticas. Debido a su alta reactividad, estas aminas provocan que el material pierda gradualmente su color con el tiempo. Además, el grado de lisura de la superficie de la resina compuesta es otro factor que influye

considerablemente en la permanencia del color. Las resinas inorgánicas con partículas de mayor tamaño son más propensas a mancharse que las que no las contienen (21).

El humo, las bebidas alcohólicas y los alimentos son fuentes potenciales de manchas, por lo que es necesario que el material sea resistente a ellas. Una superficie lisa, estable y correctamente pulida, como la que proporcionan las resinas nanohíbridas, favorece la acumulación de menos placa bacteriana y minimiza la susceptibilidad a la decoloración superficial (24).

- **Resistencia a la abrasión:** La presencia de baja resistencia a la abrasión no produce un impacto negativo inmediato; sin embargo, puede acortar el tiempo durante el cual las restauraciones conservan sus cualidades estéticas originales. Debido a que la placa bacteriana produce ácidos acético y propiónico, que favorecen el ablandamiento de la matriz de resina, su presencia hace que la superficie restauradora sea más susceptible al desgaste abrasivo. Esto se debe a que la placa provoca que la matriz de resina se vuelva más flexible. Las resinas compuestas con una alta proporción de BIS-GMA son más propensas a presentar este efecto que otros tipos de resinas. Por otro lado, las partículas de relleno o refuerzo no suelen desgastarse directamente en entornos clínicos; más bien, tienden a separarse de la matriz de resina que las rodea como resultado del desgaste superficial. Además, la resistencia a la abrasión del material mejora en proporción a la cantidad de relleno inorgánico presente (22).
- **Resistencia a la fractura:** La resistencia máxima a la tracción de un material equivale a la cantidad de tensión que debe aplicarse antes de que se rompa. Este nivel de resistencia puede variar según el tipo de material utilizado en las resinas compuestas, ya que la resistencia a la fractura de estas resinas es directamente proporcional a la cantidad de relleno presente. Las resinas compuestas de alta viscosidad presentan una mayor resistencia a la fractura, debido a su capacidad para absorber y distribuir de forma más eficaz las tensiones generadas durante la masticación (22).
- **Resistencia a la Compresión y a la Tracción:** Cuando se utiliza con fines restaurativos, la resistencia a la compresión y a la tracción de las resinas compuestas es bastante comparable a la de la dentina. Existe una fuerte

correlación entre ambas. El tamaño de las partículas de relleno presentes en la resina, así como su porcentaje, están relacionados con estas propiedades. Tanto la resistencia a la compresión como a la tracción del material aumentan proporcionalmente al tamaño y la cantidad de partículas que lo componen (22).

Es posible inferir, a partir de estas propiedades, que el material es capaz de soportar cargas sin romperse. En este contexto, las resinas nanohíbridas presentan valores de resistencia excepcionales, alcanzando típicamente hasta 400 MPa en pruebas de compresión tras ser sometidas a tensión mecánica. Por lo tanto, se consideran una solución adecuada para restauraciones en zonas expuestas a la tensión oclusal (23).

- **Módulo de elasticidad:** Mediante el módulo de elasticidad, podemos determinar el grado de rigidez de un material. Un valor alto indica mayor rigidez; por el contrario, un módulo de elasticidad bajo sugiere mayor flexibilidad. El módulo de elasticidad es una característica relacionada con el tamaño y el porcentaje de partículas de relleno en las resinas compuestas. Por lo tanto, un aumento en el módulo de elasticidad suele estar asociado con una mayor proporción y tamaño de estas partículas (22).

El módulo de elasticidad es la capacidad del material para resistir la deformación ante la aplicación de cargas, y esta característica expresa dicha capacidad. Un módulo de elasticidad muy bajo puede provocar una deformación excesiva, mientras que un módulo de elasticidad excesivamente alto puede generar concentraciones de tensión en la estructura dental. Debido a que las resinas nanohíbridas poseen un módulo de elasticidad equilibrado, son capaces de distribuir las fuerzas de manera comparable a la de la dentina (23).

- **Coefficiente de expansión térmica:** Para minimizar la microfiltración marginal causada por las variaciones de temperatura, el coeficiente de dilatación térmica del material debe ser lo más similar posible al de la estructura dental. A medida que aumenta la cantidad de relleno inorgánico, este coeficiente disminuye, lo que permite que el material presente valores más comparables a los del esmalte y la dentina (25).

3.1.2. Microfiltración Marginal

a) Definición y conceptos básicos

La microfiltración marginal se produce cuando existe un espacio entre la estructura dental y la restauración. Esta zona permite que los fluidos y los gérmenes penetren en la restauración. Esta afección contribuye frecuentemente a la sensibilidad postoperatoria, la reaparición de caries y el fracaso de las restauraciones tras una cirugía dental. Existen diversas causas potenciales de un sellado inadecuado, entre las que se incluyen la contracción por polimerización, la mala adhesión o las modificaciones del material restaurador (26).

Para limitar la entrada de gérmenes y otras sustancias nocivas al diente, es fundamental que los materiales restauradores sellen la dentina y, en algunos casos, protejan la pulpa dental. Estos materiales poseen esta propiedad, una de sus cualidades más importantes. Si la restauración no se coloca correctamente, los gérmenes pueden entrar al diente a través de la interfaz entre el material restaurador y el diente, lo que puede contribuir al desarrollo y la progresión de enfermedades dentales. Diversas investigaciones científicas han demostrado que algunos materiales restauradores no logran una unión con el esmalte o la dentina lo suficientemente fuerte como para resistir las presiones producidas por la contracción de la resina durante el proceso de polimerización. Asimismo, la aparición de microfiltraciones puede deberse a diversas causas, como el desgaste del material, las fluctuaciones de temperatura y la contracción durante el proceso de polimerización.

La microfiltración marginal alrededor de las restauraciones dentales puede provocar diversos problemas clínicos, como sensibilidad postoperatoria, hipersensibilidad crónica, caries secundaria y alteraciones pulpares. Además, puede causar decoloración y fractura de los márgenes de la restauración, así como la formación de lesiones cariosas directamente en la interfaz entre el diente y la restauración. Según los resultados de varios estudios, los posibles efectos irritantes del grabado ácido o de los materiales restauradores no son tan peligrosos para la pulpa dental como la filtración bacteriana producida por una barrera marginal inadecuada. La principal causa de la lesión pulpar es la entrada de gérmenes y toxinas a través de una conexión marginal insuficiente, a pesar de que estos materiales tienen la capacidad de causar irritación (27).

La microfiltración se describe como el flujo de bacterias, fluidos, sustancias químicas o iones entre las paredes de la cavidad preparada y el material restaurador. Otra definición de microfiltración es el tránsito de iones. Este fenómeno ocurre en la interfaz entre los dos materiales y no es perceptible para el experto que lo observa. La sensibilidad dental causada por efectos hidrodinámicos, la caries recurrente provocada por la penetración bacteriana en los márgenes de la restauración, la irritación pulpar y la decoloración marginal del diente son las principales consecuencias de esta condición. Diversos estudios han demostrado que la microfiltración puede deberse a varias variables. Estos factores incluyen las propiedades físicas de los sistemas adhesivos y los materiales restauradores, el coeficiente de dilatación térmica lineal, las tensiones oclusales y la contracción que se produce durante el proceso de polimerización. Existe una relación sustancial entre el método adhesivo empleado y la cantidad de microfiltración presente en la reparación. Por lo tanto, es esencial considerar que los avances actuales en adhesión dental han dado lugar a la creación de sistemas adhesivos más modernos capaces de reducir la microfiltración en la interfaz entre el diente y el material restaurador. Todas estas nuevas alternativas adhesivas se han diseñado con la intención de simplificar los procedimientos clínicos, reduciendo así el tiempo de la intervención y el número de pasos necesarios para su aplicación. Dependiendo del sistema adhesivo utilizado y la estrategia terapéutica elegida, existen dos métodos principales que pueden emplearse para abordar la formación de la capa de frotis durante el proceso de preparación de la cavidad (28).

Actualmente, el método más utilizado en odontología consiste en la aplicación de grabado ácido, seguido de lavado con agua. Esto se realiza para eliminar la capa de frotis y desmineralizar la estructura dental. Esta técnica permite el desarrollo de la capa híbrida, mediante la interacción de agentes de imprimación y adhesivos, los cuales pueden integrarse en un solo componente. Además, el desarrollo de sistemas basados en monómeros ácidos, capaces de acondicionar simultáneamente el esmalte y la dentina, ha supuesto un gran avance en el tratamiento de adhesión dental. En estos sistemas, el agente adhesivo, el imprimador y el agente acondicionador se combinan en un solo compuesto. Durante el proceso de hibridación, los monómeros hidrófilos penetran eficazmente en la red de colágeno expuesta tras el grabado. Posteriormente,

establecen una interfaz adhesiva compleja y estable al unirse a la resina adhesiva (28).

La microfiltración se reconoce como una de las principales causas del fracaso de las restauraciones dentales, según la literatura científica. Las propiedades físicas de los sistemas adhesivos y los materiales restauradores, el coeficiente de dilatación térmica lineal del material, las tensiones oclusales y la contracción que se produce durante la polimerización son factores que pueden influir en su aparición (29).

b) Posibles causas de la microfiltración marginal:

- **Restauraciones mal adaptadas:**

Existe la posibilidad de que la restauración se desprenda de las paredes de la cavidad si no hay un sellado adecuado entre el diente y la restauración. Debido a esta circunstancia, es más probable que se formen espacios marginales, lo que a su vez permite que el material restaurador se escape de la cavidad (30).

- **Preparación cavitaria defectuosa:**

Es fundamental analizar minuciosamente la profundidad de la caries y preparar adecuadamente las paredes de la cavidad con el instrumental correcto antes de iniciar el tratamiento. Esto debe hacerse antes de comenzar la restauración. El manejo preciso de los materiales y la ejecución correcta de los procedimientos por parte del experto son dos de los factores más importantes que determinan la calidad de las restauraciones. La eficacia de la terapia restauradora puede verse comprometida si los recursos disponibles se utilizan de forma ineficiente. Lo mismo ocurre con los materiales utilizados en las restauraciones; deben estar en óptimas condiciones para garantizar un rendimiento clínico adecuado. Antes de comenzar cualquier tratamiento dental, es necesario asegurarse de que los materiales biológicos utilizados sean de alta calidad y estén en buen estado (30).

- **Masticación:**

Además, las presiones masticatorias pueden modificar gradualmente la restauración con el tiempo, lo que puede provocar un aumento de la microfiltración en los márgenes de la restauración. Asimismo, la escasa presencia de esmalte en la cavidad, así como las propiedades de algunas resinas compuestas, podrían ser factores que inhiban la correcta adhesión entre la dentina y el cemento (30).

- **Materiales de obturación temporal:**

Las resinas sintéticas, al igual que el eugenol, tienen la capacidad de ralentizar el proceso de polimerización, aumentar la rugosidad de la superficie y modificar la microdureza del material utilizado con fines restaurativos (30).

c) Consecuencias clínicas de la microfiltración marginal

El paso de gérmenes, fluidos, iones y otras moléculas a través de la interfaz entre el material restaurador y los tejidos dentales se denomina microfiltración marginal. Este fenómeno es de gran relevancia en odontología restauradora y se considera clínicamente significativo. La causa principal de este problema son las deficiencias en el sellado marginal, provocadas por diversos factores, como la contracción por polimerización, el deterioro del sistema adhesivo y las tensiones generadas durante la oclusión. La presencia de microfiltración durante un período prolongado puede comprometer la durabilidad de las restauraciones y favorecer el desarrollo de diversos problemas clínicos. Estas complicaciones pueden afectar no solo la estructura dental, sino también los síntomas que presenta el paciente (5).

- **Hipersensibilidad postoperatoria**

Dentro del espectro de síntomas clínicos asociados a la microfiltración, la hipersensibilidad postoperatoria es uno de los más frecuentes. El movimiento de fluidos dentro de los túbulos dentinarios es la causa de este fenómeno. Dicho movimiento se produce por estímulos térmicos, químicos o mecánicos que se propagan a través de los microespacios

presentes en el contacto adhesivo. Para explicar este fenómeno, la hipótesis hidrodinámica propone que la estimulación de los túbulos dentinarios provoca una reacción dolorosa en las terminaciones nerviosas de la pulpa dental. La microfiltración facilita la transmisión de estos estímulos a la pulpa, especialmente en cavidades o restauraciones profundas ubicadas muy cerca del tejido pulpar (31).

La hipersensibilidad postoperatoria no solo puede aumentar la comodidad del paciente, sino que también puede ser un indicador temprano de posible fallo en la adhesión de la restauración. La gravedad de esta complicación puede verse agravada por diversos factores, como una técnica adhesiva inadecuada, la contaminación de la zona intervenida y una polimerización insuficiente. Por lo tanto, es fundamental controlar la microfiltración de forma adecuada para minimizar la sensibilidad postoperatoria y garantizar la eficacia clínica y la durabilidad de la restauración (32).

- **Caries secundaria**

En general, se acepta que la caries secundaria, también conocida como caries recurrente, es una de las principales causas del fracaso de las restauraciones dentales. El desarrollo de esta afección se asocia con la penetración de gérmenes a través de márgenes defectuosos, lo que contribuye a la colonización de microorganismos y a la desmineralización gradual del tejido dental adyacente a la zona afectada. En este caso particular, la microfiltración constituye un factor predisponente importante, ya que facilita la acumulación de biopelícula en zonas de difícil acceso para la higiene bucal (33).

En la práctica clínica, la caries secundaria puede ser difícil de detectar en sus etapas iniciales, lo que puede retrasar el diagnóstico y permitir que la enfermedad se propague. Además, su presencia suele requerir la sustitución total de la restauración, lo que conlleva una mayor pérdida de estructura dental sana. Prevenir la microfiltración mediante un buen sellado marginal es fundamental para minimizar la aparición de este problema y prolongar la vida útil de las restauraciones dentales. Esto se debe a las razones expuestas anteriormente (34).

- **Pigmentación marginal**

Otro síntoma clínico típico relacionado con la microfiltración es la pigmentación marginal. Esta afección se define por la aparición de manchas negras en los márgenes de la restauración. Esto ocurre como resultado de la penetración de compuestos cromogénicos del medio bucal o de los alimentos. Estas sustancias se depositan en los microespacios que existen entre el material de restauración y la estructura dental. Además, puede indicar cambios en el sellado marginal de la restauración, aunque inicialmente se tratara de un problema estético (7).

Desde un punto de vista clínico, la pigmentación marginal puede afectar negativamente la percepción estética del paciente y disminuir su aceptación del tratamiento restaurador. Además, la presencia de esta sustancia puede asociarse con mecanismos de microfiltración más complejos que, con el tiempo, contribuyen a la formación de caries secundarias. Por este motivo, este síntoma debe considerarse una señal temprana de degradación de la restauración. En consecuencia, es fundamental adoptar medidas preventivas o correctivas lo antes posible (10).

d) Métodos de evaluación in vitro de la microfiltración

La evaluación de la microfiltración ha sido ampliamente estudiada mediante métodos in vitro, los cuales permiten analizar el comportamiento de los materiales restauradores en condiciones controladas. Estos métodos son fundamentales en la investigación odontológica, ya que permiten comparar diferentes técnicas, materiales y protocolos clínicos antes de su aplicación en pacientes. Entre los métodos más utilizados se encuentran la prueba de penetración de colorantes y el termociclaje, los cuales simulan condiciones clínicas relevantes (9).

- **Prueba de penetración de colorante**

La prueba de penetración de colorante es uno de los métodos más utilizados para evaluar la microfiltración en estudios in vitro. Este método consiste en sumergir las muestras restauradas en soluciones de colorantes, como azul de metileno o fucsina básica, los cuales penetran a través de los

defectos marginales. Posteriormente, las muestras son seccionadas para evaluar la profundidad de penetración del colorante mediante microscopía, lo que permite cuantificar el grado de microfiltración (35). Este método presenta varias ventajas, como su simplicidad, bajo costo y facilidad de implementación. Sin embargo, también tiene limitaciones, como la subjetividad en la interpretación de los resultados y la incapacidad de replicar completamente las condiciones dinámicas del medio oral. A pesar de ello, sigue siendo ampliamente utilizado debido a su eficacia para comparar diferentes materiales y técnicas restauradoras (36).

- **Termociclaje (simulación de envejecimiento)**

El termociclaje es un procedimiento utilizado para simular las condiciones térmicas del medio oral, sometiendo las muestras a ciclos alternados de temperaturas frías y calientes. Este proceso reproduce los cambios térmicos que ocurren en la cavidad oral durante la ingesta de alimentos y bebidas, generando tensiones en la interfase diente-restauración debido a las diferencias en los coeficientes de expansión térmica (37).

La aplicación del termociclaje permite evaluar la estabilidad del sellado marginal a lo largo del tiempo, ya que estos cambios térmicos pueden favorecer la aparición de microfisuras y aumentar la microfiltración. Por ello, este método es fundamental en estudios que buscan simular el envejecimiento de las restauraciones y analizar su comportamiento a largo plazo. Generalmente, se combina con otros métodos, como la penetración de colorantes, para obtener resultados más completos y clínicamente relevantes (38).

3.1.3. Protocolos de Reparación de Resinas Compuestas

La reparación de restauraciones de resina compuesta representa uno de los pilares de la odontología mínimamente invasiva contemporánea. A diferencia del reemplazo total, la reparación permite conservar la estructura dental sana, reducir el riesgo de injuria pulpar y extender la longevidad del complejo diente-restauración. Los protocolos actuales se basan en la combinación de tratamientos

mecánicos y químicos para superar el desafío que representa la superficie de una resina ya envejecida (39).

a) Principios de la Adhesión a la Resina Polimerizada

La adhesión a una resina compuesta recién colocada es altamente eficiente debido a la presencia de una capa inhibida por oxígeno rica en monómeros sin reaccionar (radicales libres), que permiten una unión química covalente con la nueva capa de resina. Sin embargo, en una resina polimerizada y envejecida en el medio oral, esta capa ha desaparecido y el grado de conversión de los monómeros es máximo, lo que reduce drásticamente la disponibilidad de sitios de unión química (40).

El proceso de envejecimiento clínico conlleva, además, la sorción de agua y el desgaste de la matriz orgánica, dejando expuestas las partículas de relleno inorgánico. Por lo tanto, la adhesión a la resina antigua depende fundamentalmente de dos mecanismos: la creación de micro-retenciones mecánicas en la superficie y el acoplamiento químico a través de agentes mediadores que interactúan tanto con la matriz de polímero como con el relleno de sílice expuesto (41).

b) Preparación y Acondicionamiento de la Superficie

El éxito de la unión entre la resina antigua y la nueva depende críticamente de cómo se trate la interfase. El acondicionamiento busca limpiar la superficie de contaminantes (biofilm, saliva) e incrementar la energía superficial (42).

- **Acondicionamiento Mecánico:**

- **Fresado:** El uso de fresas de diamante de grano fino (30-40 μm) elimina la capa superficial degradada y crea macro-rugosidades. Aunque es el método más accesible, produce una superficie con tensiones residuales y menos uniforme que otros métodos (42).
- **Arenado con Óxido de Aluminio:** Consiste en el bombardeo de la superficie con partículas de Al_2O_3 (generalmente de 50 μm). Este método es considerado el "estándar de oro" para la creación de micro-rugosidades, ya que genera una superficie con alta energía libre y

mayor área de contacto, lo que facilita la penetración del adhesivo (43).

- **Acondicionamiento Químico:**

- **Ácido Fosfórico:** En la reparación de resinas, su función no es grabar la resina (ya que no reacciona con ella), sino actuar como un agente de limpieza profunda para eliminar detritos del fresado y energía superficial negativa, además de preparar el esmalte o dentina si quedaran expuestos (44).
- **Silano:** Es un agente de acoplamiento bifuncional. Actúa como un puente molecular entre las partículas de relleno inorgánico expuestas de la resina antigua y la matriz orgánica de la resina nueva (44).
- **Adhesivos:** Los sistemas adhesivos actuales (especialmente los universales) contienen monómeros como el 10-MDP, que pueden mejorar la unión química. Su función es humectar las micro-rugosidades creadas mecánicamente y formar una capa de enlace polimérica (45).

c) Descripción Detallada de los Protocolos a Evaluar

- **Micro arenado: Conceptos y características:**

El micro arenado es un proceso cinético donde partículas de óxido de aluminio de 50 micras son propulsadas por aire a presión (30-40 psi). Conceptualmente, el impacto genera una textura micro-irregular "crateriforme" que aumenta el área superficial disponible para la adhesión micromecánica. Una característica fundamental es su capacidad para eliminar la capa de resina degradada por la hidrólisis sin generar el calor friccional que producen los instrumentos rotatorios, evitando así microfracturas en la matriz (46).

- **Silano: Conceptos, características y composición:**

El silano utilizado en odontología es generalmente el 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano. Es una molécula bifuncional: un extremo posee grupos alcoxilo que se hidrolizan para unirse químicamente a los

grupos hidroxilo del relleno inorgánico (sílice) de la resina, mientras que el otro extremo posee un grupo metacrilato que se polimeriza con la nueva resina compuesta. Su composición suele incluir un solvente (etanol o acetona) y un ácido débil que actúa como catalizador para la hidrólisis del silano, permitiendo que la reacción ocurra en segundos durante la aplicación clínica (47).

d) Factores que Afectan la Resistencia de Unión en la Reparación

Diversas variables pueden comprometer la integridad de la reparación. La contaminación salival es el factor crítico más común, ya que las proteínas de la saliva ocupan los sitios de unión y reducen la energía superficial; de ahí la importancia del aislamiento absoluto. El tiempo de envejecimiento de la restauración original también influye: a mayor tiempo en boca, mayor es la degradación de la matriz y más agresivo debe ser el tratamiento de superficie (48).

Otros factores incluyen el tipo de relleno de la resina (las resinas de nanorelleno ofrecen más superficie de contacto para el silano que las de microrrelleno) y la viscosidad del sistema adhesivo, donde los adhesivos de baja viscosidad penetran mejor en las irregularidades creadas por el micro arenado. Finalmente, el protocolo de fotopolimerización asegura que la capa de unión alcance el grado de conversión necesario para resistir las fuerzas oclusales (49).

3.2. Antecedentes investigativos

3.2.1. Locales:

- **“Grado de microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta posterior a la aplicación de agentes aclarantes”. Universidad Alas Peruanas. Arequipa. 2019**

Autor: Romero Carpio Yodalia Cristal.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la extensión de la microfiltración marginal en resinas compuestas después del uso de productos químicos blanqueadores en Arequipa, 2018. Se seleccionaron treinta premolares humanos completamente sanos para este propósito. Se realizaron cavidades de Clase I, Clase II y de control en los premolares y luego se reconstruyeron con resina compuesta. Los dientes se asignaron arbitrariamente a tres grupos, cada uno con cinco dientes. Los dientes de Clase I, GRUPO A, fueron tratados con peróxido de hidrógeno al 35% en tres sesiones de 15 minutos. La misma técnica se aplicó a los dientes de Clase II. Al GRUPO B se le administró peróxido de carbamida al 10% durante 7 días, cada 24 horas, tanto a los dientes de Clase I como a los de Clase II. El GRUPO C, que comprendía el grupo de control, también comprendía dientes de Clase I y Clase II que no fueron sometidos a tratamientos de blanqueamiento. Posteriormente, los grupos fueron tratados con azul de metileno durante treinta minutos, enjuagados con agua durante cinco minutos y dejados secar durante dos horas. Posteriormente, se realizó un examen microscópico para determinar los valores de microfiltración según el grado de infiltración de tinción en la interfaz diente-restauración.

Los resultados indicaron diferentes niveles de microfiltración marginal con peróxido de hidrógeno al 35%. Tanto en la Clase I como en la Clase II, un solo diente presentó poca microfiltración. La Clase I no mostró microfiltración con peróxido de carbamida al 10%, pero la Clase II presentó una microfiltración considerable. En el grupo control, la Clase I no presentó microfiltración, pero la Clase II presentó un diente con poca microfiltración.

En el grupo control, la Clase I no presentó microfiltración, pero la Clase II presentó un diente con poca microfiltración. En conclusión, la microfiltración de las preparaciones de resina mostró una reducción (para cavidades de Clase II) o

una equivalencia (para cavidades de Clase I) en comparación con el peróxido de hidrógeno al yuxtaponerlo con el peróxido de carbamida (50).

3.2.2. Nacionales:

- **“Estudio in vitro: Microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta clase II”. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. 2023**
Autor: Danny Calizaya-Bendita y cols.

RESUMEN. Objetivo: Evaluar la microfiltración marginal in vitro en restauraciones de resina compuesta de Clase II en dentición posterior. Se realizó un estudio longitudinal cuasiexperimental. La muestra incluyó 40 dientes posteriores sanos maxilares y mandibulares (premolars y molares), extraídos por motivos ortodóncicos o periodontales y mantenidos en agua destilada durante 48 horas. Se excluyeron los dientes con restauraciones oclusales u otras modificaciones en su forma o estructura. Los dientes se asignaron aleatoriamente a dos grupos experimentales. Al grupo experimental 1 (GE1) se le aplicó una restauración de resina compuesta de Clase II con base ionomérica, mientras que al grupo experimental 2 (GE2) se le aplicó una restauración de resina compuesta de Clase II sin base ionomérica.

Resultados: Se observó una diferencia estadísticamente significativa en la microfiltración marginal entre GE1 y GE2 a las 48 horas, 15 días, 30 días y 45 días, con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). Esto indica un nivel elevado de microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta de Clase II sin base ionomérica. Conclusión: Las restauraciones de resina compuesta de Clase II en dientes posteriores sin base ionomérica presentan una mayor microfiltración marginal (51).

- **“Evaluación In Vitro Microfiltración de Composites Dentales Adheridos a Dentina por Sistemas Adhesivos Etch And Rinse y Self Etch.”. Chachapoyas. 2023.**

Autor: Neyser Mercedes Vigo Maicelo y cols.

El objetivo fue evaluar la microfiltración de composites dentales adheridos a la dentina usando adhesivos autograbadores y de grabado y enjuague. Esta investigación fue cuantitativa, experimental, aplicada, prospectiva, transversal y bivariada. Materiales y métodos: Se obtuvieron cuarenta terceros molares y se categorizaron en cuatro grupos, cada uno compuesto por 10 muestras. El grupo (A) recibió tratamiento con el enfoque de grabado total usando adhesivo Optibond FL Kerr; el grupo (B) fue tratado con la aplicación de grabado total del adhesivo Single Bond 3M; al grupo (C) se le administró el adhesivo autograbador de dos gotas FGM Amber Universal; y el grupo (D) fue tratado con el adhesivo autograbador Single Bond Universal 3M. Posteriormente, las muestras se sellaron usando resina Vitra APS (FGM). Se sometieron a 1000 ciclos en un termociclador, que oscilaron de 5 °C (± 2) a 55 °C (± 2). La extensión de la microfiltración se cuantificó utilizando un índice de penetración con azul de metileno al 2%, y los hallazgos se examinaron con un estereomicroscopio. Resultados: Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que indicó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los sistemas adhesivos. El grupo A (100%) no presentó fugas, mientras que el grupo D demostró 30% (3) sin fugas, 20% (2) con fugas de grado 1, 40% (4) con fugas de grado 2 y 10% (1) con fugas totales. El grupo B presentó 0% sin fugas, 30% (3) con fugas de grado 1, 50% (5) con fugas de grado 2 y 20% (2) con fugas totales. El grupo C presentó 0% sin fugas, 10% (1) con fugas en el esmalte, 40% (4) con fugas de grado 2 y 50% (5) con fugas totales. El grado de microfiltración varió notablemente según los diferentes métodos adhesivos (52).

3.2.3. Internacionales:

- **“Influencia del silano y adhesivos universales en la adhesión durante la reparación de un cerómero”. Revista Odontológica Mexicana. 2018**

Autor: Diana Carolina Hernández Barragán y cols.

Introducción: Falta una metodología integral para la reparación de restauraciones de cerómero. Los adhesivos universales pueden servir como una opción para la reparación de restauraciones poliméricas, sin embargo, la integración de silanos con adhesivos universales requiere más investigación. Objetivo: Evaluar y contrastar la fuerza de unión de dos adhesivos universales en la interfaz cerómero-resina, con y sin el uso de un agente de silano. Materiales y métodos: Se fabricaron seis bloques de cerómero y se sometieron a las siguientes variables: (A) sin tratamiento, (B) agente de silano, (C) adhesivo universal 1 combinado con silano, (D) adhesivo universal 1, (E) adhesivo universal 2 combinado con silano, (F) adhesivo universal 2 (n = 10). Se adhirió resina compuesta a estas superficies y se realizó una evaluación de la resistencia a la microtracción. El tipo de falla se evaluó utilizando un estereomicroscopio. Resultados: Los valores de fuerza de unión de los grupos exhibieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), con la excepción de los dos adhesivos universales evaluados. El grupo B demostró los mayores valores de fuerza de unión. Los grupos C y E presentaron valores de resistencia de unión reducidos en comparación con los grupos D y F. El principal tipo de fallo fue la adhesión. Conclusión: La aplicación simultánea de un silano funcional con adhesivos universales no mejora los valores de resistencia de unión y, por lo tanto, debe evitarse. Se recomienda el silano funcional como opción principal, mientras que los adhesivos universales deben utilizarse como alternativa secundaria; sin embargo, estos dos materiales no deben combinarse en el mismo proceso de unión (53).

- **“Reparación comparada con reemplazo de restauraciones directas posteriores defectuosas en pacientes con dentición permanente”. Chile. 2020.**

Autor: Valentina Fuentes y cols.

Introducción: Históricamente, las restauraciones directas posteriores defectuosas se han tratado mediante su reemplazo. Sin embargo, debido a las probables

complicaciones asociadas a esta terapia, la reparación de restauraciones se ha generalizado en la práctica clínica, a pesar de su naturaleza controvertida. Métodos: Realizamos una búsqueda en Epistemonikos, la principal base de datos de revisiones sistemáticas en salud, que agrega datos de varias fuentes de información, incluyendo MEDLINE, EMBASE, Cochrane y otras. Extraímos datos de las revisiones seleccionadas, analizamos los datos de los artículos principales, realizamos un metaanálisis y creamos una tabla resumen de resultados utilizando la técnica GRADE. Resultados y determinaciones: Identificamos una revisión sistemática de nueve artículos primarios, todos ellos ensayos controlados aleatorizados. En conclusión, se puede decir que reparar restauraciones directas posteriores deficientes, en lugar de reemplazarlas, puede aumentar la probabilidad de requerir reintervención, puede proporcionar poco o ningún cambio en el riesgo de sensibilidad postoperatoria y puede aumentar la probabilidad de caries secundaria. No obstante, la fiabilidad de los datos sigue siendo mínima (54).

- **“¿Arenar o no arenar? Una decisión clínica basada en la evidencia”. Colombia. 2025**

Autor: Carolina Toro Moreno.

Actualmente, los métodos adhesivos ofrecen un enfoque más conservador, preservando una mayor cantidad de estructura dental con preparaciones menos intrusivas. Para que la odontología restauradora adhesiva sea fiable y eficaz, es fundamental seguir un procedimiento clínico riguroso que debe ejecutarse con precisión. En este contexto, la limpieza meticulosa de los tejidos dentales es crucial, ya que facilita la eliminación de impurezas como gérmenes, restos de materiales restauradores, saliva y otros residuos, a la vez que mejora la energía superficial del sustrato.

El arenado es una importante tecnología de tratamiento de superficies utilizada durante más de cuatro décadas, no solo para la limpieza de sustratos dentales, sino también como componente integral de la rutina de acondicionamiento y preparación de diversos sustratos.

Sin embargo, el arenado sigue siendo un tema controvertido, principalmente debido a la falta de uniformidad en sus aspectos clínicos. Este estudio busca examinar los efectos del arenado en los tejidos y materiales dentales, evaluando su alteración de la topografía y su influencia en los niveles de adhesión (55).



4. HIPÓTESIS

Dado que la preparación superficial y el acondicionamiento del material son cruciales para la adhesión en la reparación de resinas compuestas,

Es probable que al utilizar dos diferentes métodos de acondicionamiento de la superficie (silanizado o micro arenado), resulte en un grado de microfiltración marginal significativamente menor en las cavidades Clase I.





CAPITULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL (METODOLOGÍA)

1. METODOLOGÍA

1.1. Variables

TABLA 2 Matriz de consistencia

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	VALORES
INDEPENDIENTE: Protocolo de reparación	Silanizado		
	Micro arenado		
	Sin acondicionamiento		
DEPENDIENTE: Microfiltración	Grados de filtración	No hay penetración del colorante	0
		Penetración del colorante hasta la mitad de la cavidad (1 mm.)	1
		Penetración del colorante en toda la cavidad (2 mm.)	2
		Penetración del colorante hasta el piso de la cavidad	3

1.2. Técnica de investigación

En el desarrollo de la presente investigación, se empleará una técnica desarrollada en condiciones de laboratorio, y se recurrirá a un procedimiento observacional de tipo experimental como método para la recolección de los datos y la obtención de los resultados correspondientes.

1.3. Técnica de ejecución de investigación

1.3.1 Selección de muestras

Se prepararon un total de 36 unidades de estudio, correspondientes a cilindros de resina de la marca seleccionada, siguiendo rigurosamente los estándares de prueba internacionales establecidos en la norma ISO 4049. Las muestras se fabricaron

empleando un molde metálico especializado, con unas dimensiones de 8 mm de diámetro y 4 mm de espesor. Cada cilindro se fotopolimerizó durante el intervalo de tiempo especificado por el fabricante, utilizando una lámpara LED de última generación. La superficie de las muestras no requirió ningún proceso de pulido, dado que esta etapa no influye de manera significativa en la medición que corresponde al presente estudio.

1.3.2 Tamaño de la muestra

La determinación del tamaño muestral se llevó a cabo a través de un procedimiento de muestreo no probabilístico de tipo consecutivo o por conveniencia, cuya justificación se fundamentó en el principio de equivalencia metodológica con estudios previos de naturaleza análoga, todos ellos pertenecientes al ámbito de la investigación experimental in vitro.

Con base en este criterio, se procedió a seleccionar 12 muestras para cada uno de los tres subgrupos contemplados en el diseño experimental, lo que dio como resultado un total de 36 unidades experimentales. Esta decisión encontró su respaldo normativo en los lineamientos de estandarización de ensayos estipulados por la norma internacional ISO 4049, ampliamente aceptada en el campo de los materiales dentales.

La literatura científica especializada que aborda el comportamiento de resinas compuestas y otros materiales restauradores bajo condiciones controladas de laboratorio ha señalado, de manera consistente, que una magnitud muestral semejante resulta más que suficiente para garantizar una potencia estadística adecuada. Ello permite, además, la detección de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales, siempre que dichas diferencias existan.

- **Uso de Normativa Internacional:** El hecho de haber recurrido a moldes que reproducen fielmente las dimensiones estandarizadas (8 mm de diámetro interno por 4 mm de altura) establecidas en la norma ISO 4049 implica que la selección muestral no obedeció a un capricho del investigador, sino a un patrón de reconocimiento global. Dicha estandarización otorga a los

resultados obtenidos la posibilidad de ser comparables con los provenientes de otros trabajos que hayan adoptado idénticas especificaciones técnicas.

- **Control de Variables:** A diferencia de los estudios clínicos realizados en seres humanos —en los cuales la variabilidad biológica individual (factores genéticos, metabólicos, inmunológicos, etc.) introduce una fuente considerable de error aleatorio— los experimentos de laboratorio in vitro se caracterizan por un entorno altamente controlado, donde las condiciones experimentales se mantienen artificialmente constantes. Como consecuencia de ello, el margen de error experimental resultante es sustancialmente menor, razón por la cual se aceptan tamaños muestrales más reducidos que los que se exigirían en estudios clínicos con pacientes. En el presente trabajo, el empleo de 36 muestras como cifra total, es suficiente para alcanzar conclusiones válidas.

1.3.3 Preparación de muestras y metodología:

a. Preparación general de las muestras (común a los tres grupos)

Se prepararon 36 cilindros de resina compuesta de la marca Filtek Z 350, utilizando un molde metálico especializado con dimensiones de 8 mm de diámetro y 4 mm de espesor. La resina se colocó en incrementos sucesivos, siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante. Cada incremento se fotopolimerizó con una lámpara LED de última generación, a una intensidad constante no inferior a 800 mW/cm², durante 20 segundos o según el tiempo indicado por el fabricante.

Una vez obtenidos los 36 cilindros, se dividieron en tres grupos de 12 muestras cada uno (grupos A, B y C). En la superficie de una de las caras de cada cilindro se creó una cavidad de 4 mm de largo por 2 mm de profundidad, empleando una piedra de diamante con forma de fisura, previamente marcada con esas dimensiones.

b. Procedimiento específico por grupo

- **Grupo A (grupo control):**

La superficie interna de la cavidad se sometió a un protocolo de acondicionamiento estándar que consistió en la aplicación del adhesivo Single Bond Universal, seguida de su fotopolimerización. Posteriormente, la cavidad se rellenó con resina Filtek Z 350, colocada en incrementos hasta completarla, y cada incremento se fotopolimerizó durante al menos 20 segundos.

- **Grupo B: (grupo micro arenado)**

El acondicionamiento de la cavidad comenzó con la aplicación de microarenado de hidróxido de aluminio durante 20 segundos. Luego se aplicó el adhesivo Single Bond Universal y se fotopolimerizó. A continuación, la cavidad se restauró con resina Filtek Z 350 en incrementos sucesivos, fotopolimerizando cada capa durante al menos 20 segundos.

- **Grupo C: (grupo silanizado)**

Se aplicó una capa del agente de acoplamiento silano (Prosil) sobre la superficie interna de la cavidad, dejándola actuar durante 60 segundos. Luego se secó con jeringa triple. Posteriormente se aplicó el adhesivo Single Bond Universal y se fotopolimerizó. Finalmente, la cavidad se restauró con resina Filtek Z 350 en incrementos, fotopolimerizando cada capa durante al menos 20 segundos.

1.3.4 Termociclaje

Una vez que todas las unidades experimentales fueron confeccionadas y debidamente rotuladas de acuerdo con el grupo experimental al que pertenecían (A, B o C), se procedió, de manera independiente para cada grupo, a someterlas a un proceso controlado de termociclaje.

El termociclaje, también denominado ciclaje térmico, constituye un procedimiento de envejecimiento acelerado mediante el cual se reproducen artificialmente las

fluctuaciones extremas de temperatura que ocurren fisiológicamente en la cavidad bucal. Dicho proceso se llevó a cabo siguiendo la secuencia térmica que se detalla a continuación:

- Inmersión durante 20 segundos en agua a una temperatura de 5 °C, con una tolerancia de ± 5 °C.
- Inmediatamente después, inmersión durante 20 segundos en agua a una temperatura de 55 °C, también con una tolerancia de ± 5 °C.

Esta secuencia de dos baños térmicos (frío y calor) constituyó un ciclo completo. El procedimiento completo se repitió durante un total de 500 ciclos continuos.

1.3.5 Inmersión en el colorante

Una vez finalizado el proceso de termociclaje, todas las muestras pertenecientes a los tres grupos experimentales fueron sumergidas individualmente (por grupos) en frascos de vidrio que contenían una solución de azul de metileno al 2 % durante un periodo de 24 horas continuas. Transcurrido este tiempo, se procedió a eliminar los excesos del colorante adheridos a la superficie de cada muestra. Para ello, las muestras se lavaron con abundante agua corriente y se limpió minuciosamente la totalidad de su superficie externa, con el fin de retirar cualquier resto de tinte que pudiera interferir en las mediciones posteriores.

1.3.6 Corte de las muestras

Posteriormente, la totalidad de las muestras correspondientes a los tres grupos experimentales fue seccionada mediante un disco metálico bioactivo. El corte se realizó a lo largo del diámetro mayor de cada cilindro, es decir, atravesando su eje central longitudinal. Como resultado de este procedimiento, se obtuvieron dos hemi-secciones por cada muestra, cada una de las cuales presentó una superficie apta y disponible para su posterior análisis microscópico o evaluación de la microfiltración.

1.3.7 Estereomicroscopio

Finalmente, se procedió a la observación de todas las muestras mediante un estereomicroscopio, utilizando un aumento de 32 aumentos (32×), con el objetivo de determinar el grado de penetración del colorante (azul de metileno) en la interfase de la restauración. La evaluación de la microfiltración se realizó siguiendo los criterios de clasificación establecidos previamente en el análisis de variables del presente estudio, es decir, se asignó a cada espécimen un nivel o grado de filtración conforme a la escala definida en el apartado correspondiente de la metodología.

1.3.8 Instrumentos

a) Instrumento documental:

TABLA 3 Ficha de observación

Resina		
Muestra	Acondicionamiento	Microfiltración
1		
2		
3		
4		
5		
6		

1.3.9 Materiales

- Resinas nanohíbridas Filtek™ Z350 XT.
- Silano Prosil FGM.
- Hidróxido de Aluminio.
- Adhesivo Single Bond Universal
- Suero fisiológico

1.4. Variables estadísticas

TABLA 4 Análisis Estadístico

Variable	Tipo	Escala de Medición	Medidas Estadísticas	Pruebas estadísticas
Microfiltración	Cualitativa	Ordinal	Media, rango, porcentajes	Kruskal – Wallis U de Mann Whitney

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación Espacial

Ámbito general: Arequipa.

Ámbito específico: UCSM. Laboratorio

2.2. Unidades de Estudio

TABLA 5 Unidades de Estudio

Grupo	Material	Acondicionamiento	N° de muestras	Ensayo realizado
A	Filtek™ Z350 XT	Control	12	Microfiltración
B	Filtek™ Z350 XT	Micro arenado	12	Microfiltración
C	Filtek™ Z350 XT	Silano	12	Microfiltración

3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Consideraciones éticas

Para los fines de esta investigación, las consideraciones éticas se orientaron hacia tres principios fundamentales: la preservación de la integridad del conocimiento científico, el empleo racional de los recursos y la transparencia metodológica. Se consideró indispensable incorporar factores como el respeto por la integridad científica, la claridad en la presentación de los datos y la honestidad intelectual en la interpretación de los hallazgos, a pesar de que el estudio no involucró seres humanos ni animales.

No se registró manipulación ni falsificación de los datos, y todas las técnicas empleadas se ajustaron a los estándares internacionales, lo que garantizó la reproducibilidad y viabilidad de la investigación. Por ello, el autor declara la inexistencia de relaciones comerciales con los fabricantes ni de conflictos de intereses. El estudio se condujo conforme a las buenas prácticas científicas, lo que incluyó la documentación adecuada de los métodos y la presentación honesta de los resultados, sin ocultar hallazgos desfavorables ni convenientes. Asimismo, se garantiza el respeto a los derechos de autor y de propiedad intelectual mediante el reconocimiento expreso del uso de materiales o equipos de terceros. Finalmente, el protocolo debe ser aprobado por un comité de ética institucional de la Universidad Católica de Santa María, se ejecutó según las normas éticas vigentes, no implicó peligro para personas ni animales, y el estudio se completó con éxito.

3.2. Recursos

Recursos Humanos

- Investigador: Juan del Piero Midolo Gonzales
- Asesor: Dr. Gilmar Hugo Paredes Muñoz

Recursos Físicos

- Laboratorios institucionales de la Universidad Católica de Santa María.
- Recursos virtuales.
- Biblioteca.

Recursos económicos

La totalidad de los recursos económicos y materiales necesarios para la ejecución de la presente investigación fueron asumidos directamente por el investigador responsable, sin que mediara patrocinio externo, subvención institucional ni apoyo financiero de terceros.

Recursos institucionales

Universidad Católica de Santa María

TABLA 6 Cronograma de actividades

Tiempo Actividades	2026												
	Enero				Marzo			Abril			Mayo		
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Proyecto de investigación	X												
Experimento. Elaboración de sustento teórico		X	X	X									
Análisis de resultados y estadística					X	X	X						
Borrador de tesis. Revisión por los jurados								X	X	X			
Sustentación											X	X	X



CAPITULO III

RESULTADOS

TABLA 7 Filtración marginal grupo control

GRADO DE FILTRACIÓN	Nº	%
Grado 0	1	8.3
Grado 1	5	41.7
Grado 2	3	25.0
Grado 3	3	25.0
Total	12	100.0

*Matriz de datos

En el grupo control, se registra que únicamente el 8.3% de las muestras no presentaron filtración (Grado 0), mientras que el 41.7% se ubica en el Grado 1. Destaca que el 50% de las unidades experimentales muestran una penetración profunda del colorante, distribuida equitativamente con un 25% en el Grado 2 y un 25% en el Grado 3, evidenciando que la mitad de la muestra alcanzó los niveles más altos de filtración.

FIGURA 1 Filtración marginal grupo control

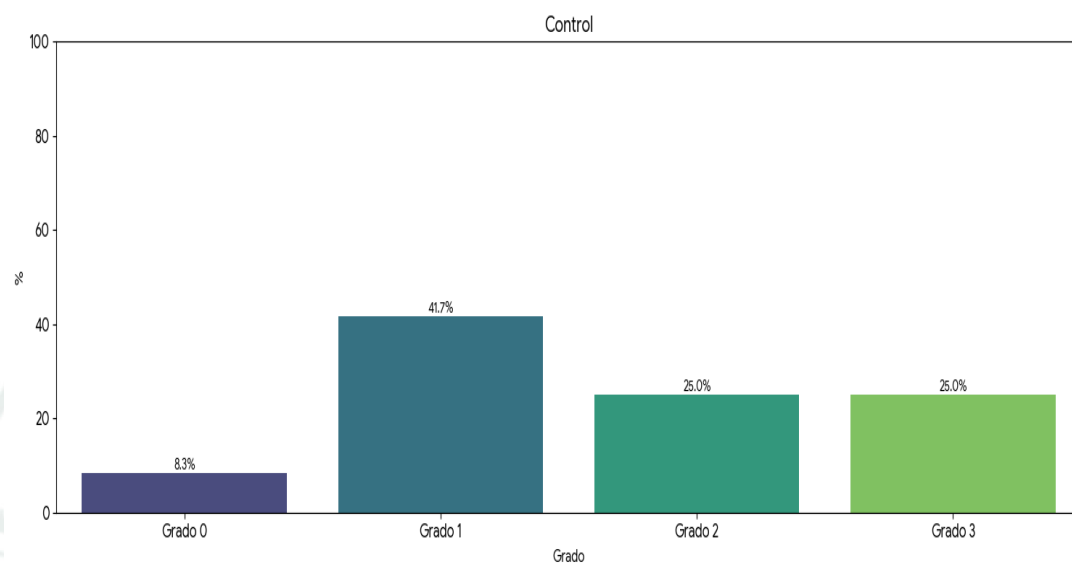


TABLA 8 Filtración marginal. Micro arenado

GRADO DE FILTRACIÓN	N°	%
Grado 0	2	16.7
Grado 1	8	66.7
Grado 2	2	16.7
Grado 3	0	0.0
Total	12	100.0

*Matriz de datos

Los resultados del grupo sometido a micro arenado muestran que la mayor parte de las muestras, correspondiente al 66.7%, se concentran en una filtración superficial (Grado 1). El 16.7% de las muestras no presentaron penetración (Grado 0) y otro 16.7% alcanzó el Grado 2; es relevante señalar la ausencia total de casos (0%) en el nivel máximo de filtración (Grado 3).

FIGURA 2 Filtración marginal. Micro arenado

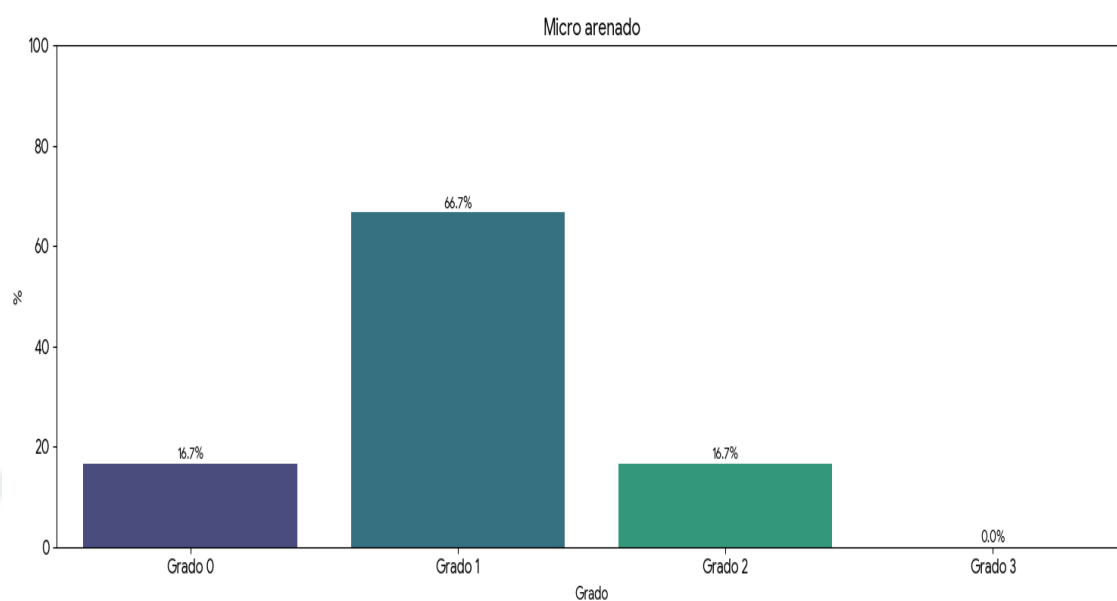


TABLA 9 Filtración marginal. Silanizado

GRADO DE FILTRACIÓN	Nº	%
Grado 0	5	41.7
Grado 1	6	50.0
Grado 2	1	8.3
Grado 3	0	0.0
Total	12	100.0

*Matriz de datos

En el grupo tratado con silano, se observa que el 41.7% de las muestras no presentan filtración (Grado 0) y el 50% se sitúa en el Grado 1. Estos datos indican que el 91.7% de la muestra se mantuvo en niveles mínimos de penetración, registrándose solo una muestra (8.3%) en el Grado 2 y ninguna (0%) en el Grado 3.

FIGURA 3 Filtración marginal. Silanizado

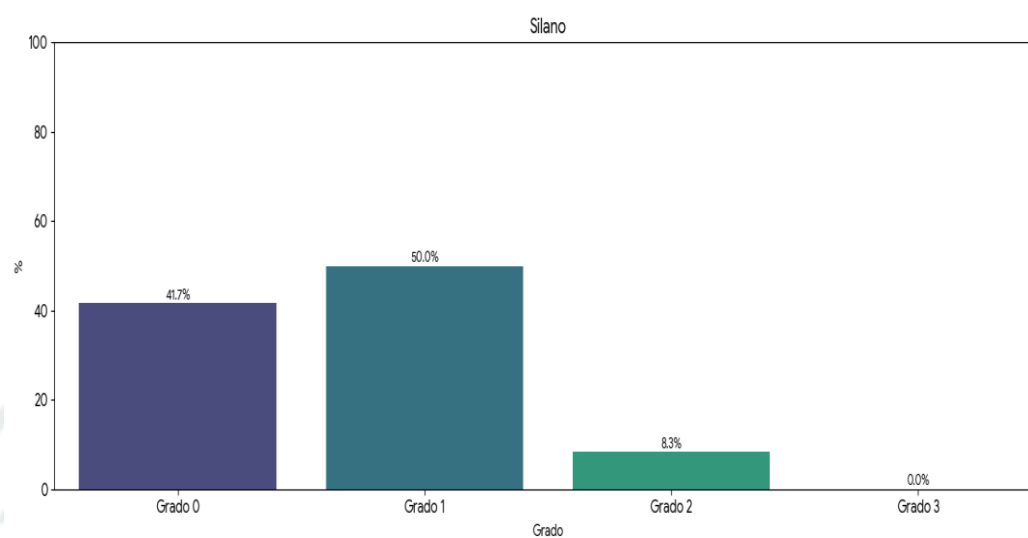


TABLA 10 Comparación del grado de filtración entre los 3 protocolos

Grado de Filtración	Control		Micro arenado		Silanizado	
	N°	%	N°	%	N°	%
Grado 0	1	8.3	2	16.7	5	41.7
Grado 1	5	41.7	8	66.7	6	50.0
Grado 2	3	25.0	2	16.7	1	8.3
Grado 3	3	25.0	0	0.0	0	0.0
Total	12	100.0	12	100.0	12	100.0

*Matriz de datos

P = 0.022 (P < 0.05) S.S.

El análisis comparativo de los tres grupos mediante la prueba de Kruskal-Wallis reporta un valor de $P = 0.022$. Al ser este valor menor al punto de corte 0.05, se determina la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos evaluados, indicando que el grado de microfiltración marginal varía de manera real según el método de acondicionamiento utilizado.

FIGURA 4 Comparación del grado de filtración entre los 3 protocolos

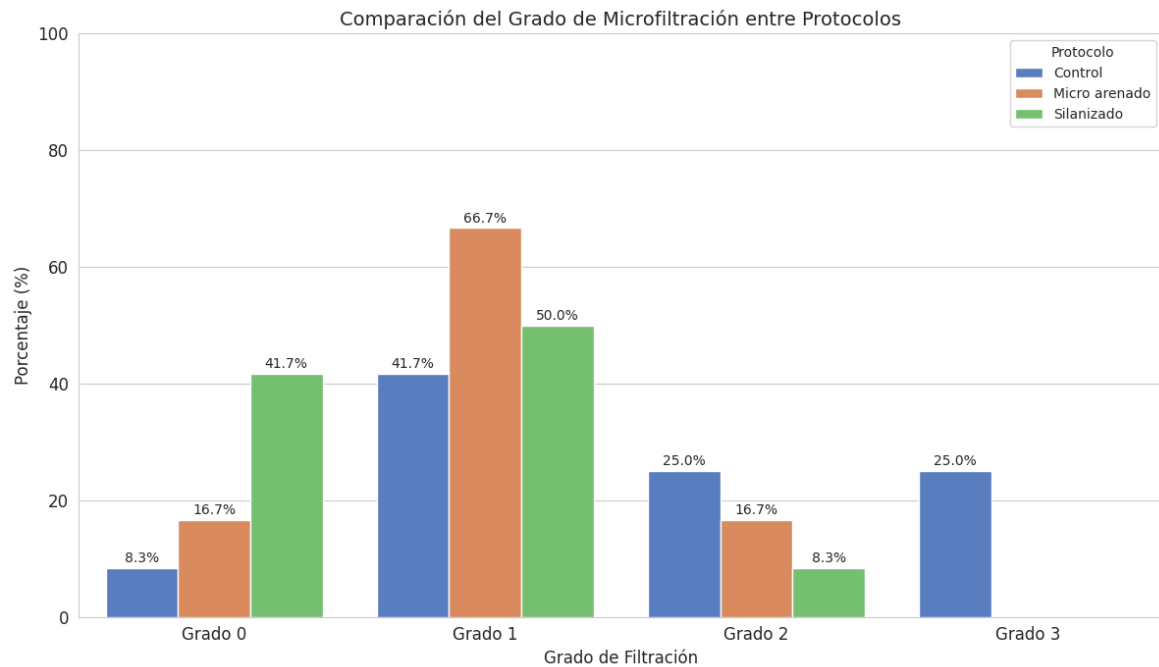


TABLA 11 Relación entre el grupo control y el grupo de micro arenado

Grado de Filtración	Grupo Control		Micro arenado	
	N°	%	N°	%
Grado 0	1	8.3	2	16.7
Grado 1	5	41.7	8	66.7
Grado 2	3	25.0	2	16.7
Grado 3	3	25.0	0	0.0
Total	12	100.0	12	100.0

*Matriz de datos

P = 0.081 (P > 0.05) N.S.

Al contrastar el grupo control frente al de micro arenado, la prueba U de Mann-Whitney arroja un valor de $P = 0.081$. Dado que este resultado es mayor al nivel de significancia de 0.05, se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, a pesar de la reducción en el número de muestras con filtración profunda observada en el grupo de micro arenado.

FIGURA 5 Relación entre el grupo control y el grupo de micro arenado

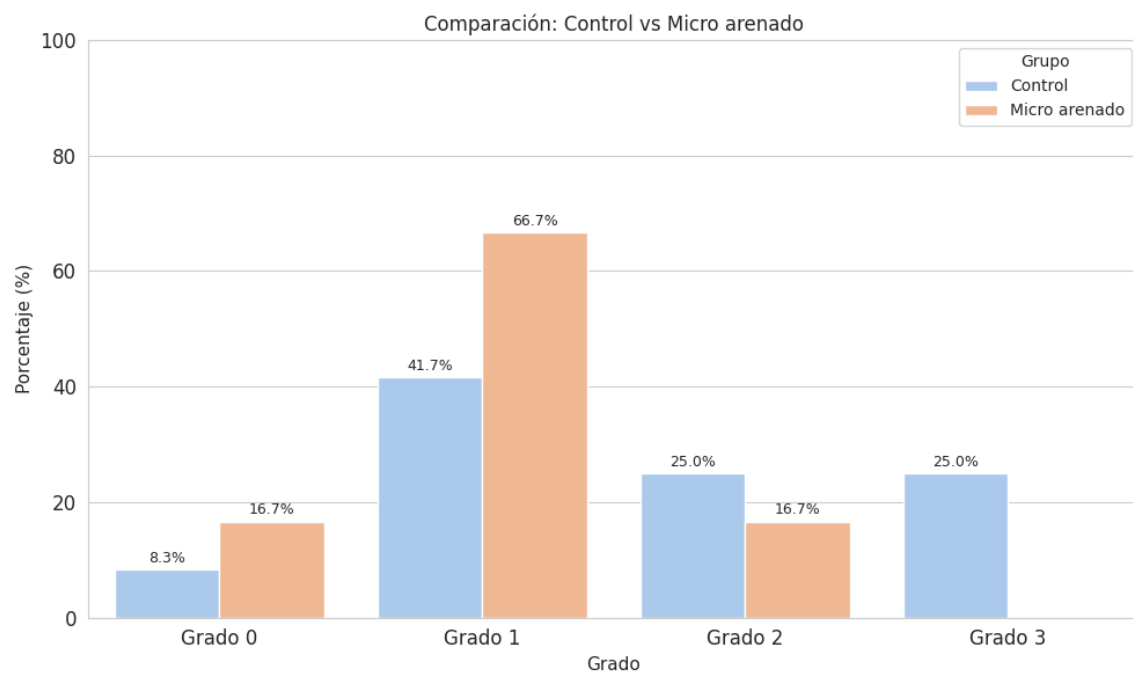


TABLA 12 Relación entre el grupo control y el grupo silanizado

Grado de Filtración	Grupo Control		Silanizado	
	Nº	%	Nº	%
Grado 0	1	8.3	5	41.7
Grado 1	5	41.7	6	50.0
Grado 2	3	25.0	1	8.3
Grado 3	3	25.0	0	0.0
Total	12	100.0	12	100.0

*Matriz de datos

P = 0.013 (P < 0.05) S.S.

La comparación específica entre el grupo control y el de silanizado muestra un valor de $P = 0.013$. Al ser un valor inferior a 0.05, los resultados confirman una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, demostrando que el grupo de silanizado presenta niveles de microfiltración menores y estadísticamente distintos a los del grupo control.

FIGURA 6 Relación entre el grupo control y el grupo silanizado

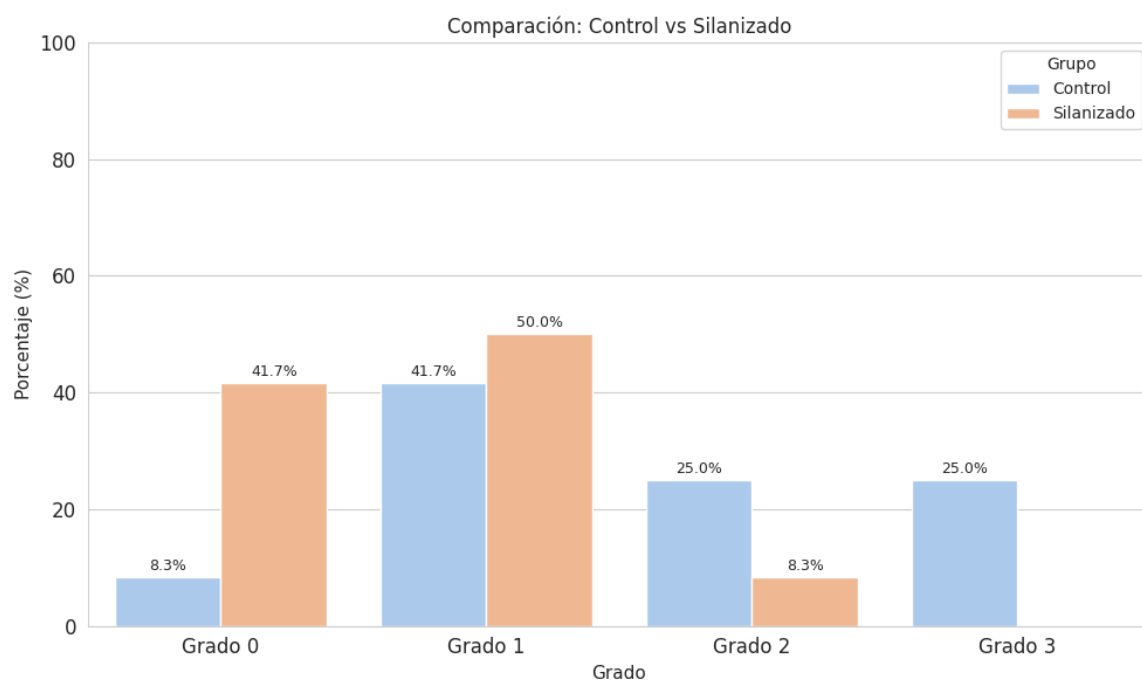


TABLA 13 Relación entre el grupo de micro arenado y el grupo silanizado

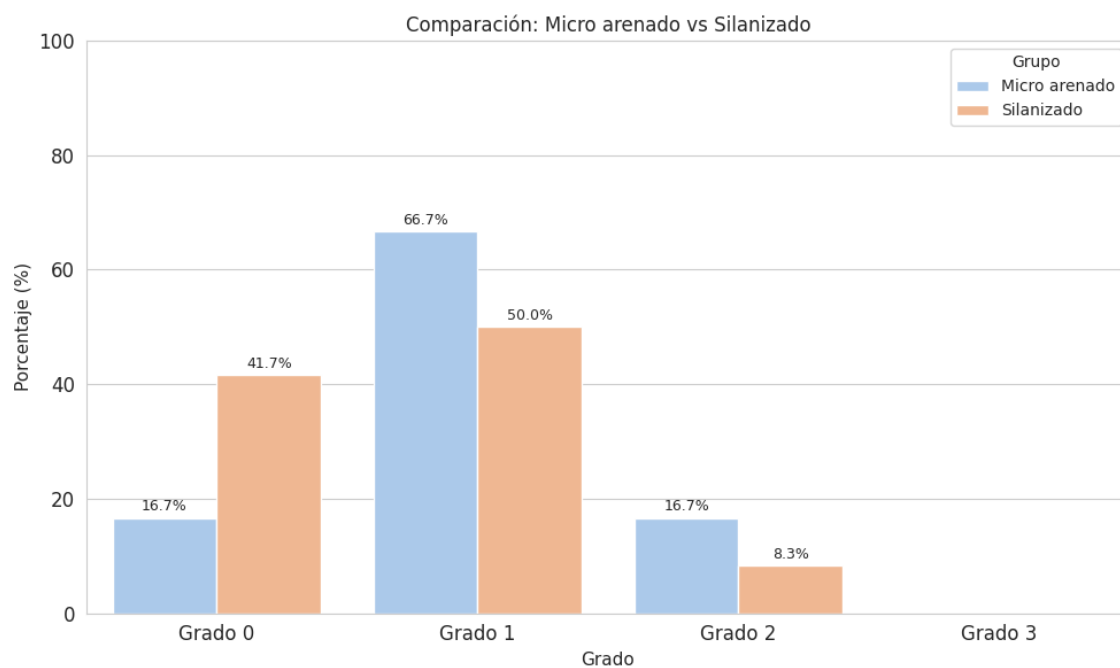
Grado de Filtración	Micro arenado		Silanizado	
	N°	%	N°	%
Grado 0	2	16.7	5	41.7
Grado 1	8	66.7	6	50.0
Grado 2	2	16.7	1	8.3
Grado 3	0	0.0	0	0.0
Total	12	100.0	12	100.0

*Matriz de datos

P = 0.201 (P > 0.05) N.S.

El análisis entre los dos protocolos activos (micro arenado vs. silanizado) presenta un valor de $P = 0.201$. Debido a que el resultado es superior al punto de corte (0.05), se establece que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos de reparación, indicando una distribución de rangos de filtración similar entre ambos tratamientos.

FIGURA 7 Relación entre el grupo de micro arenado y el grupo silanizado



DISCUSIÓN

En la presente investigación se logró cumplir el objetivo planteado al demostrar que el protocolo de acondicionamiento de la superficie influye significativamente en el grado de microfiltración marginal en la reparación de resinas compuestas, evidenciándose mediante el análisis experimental y estadístico que existen diferencias entre las técnicas evaluadas, lo que permite validar la hipótesis de que la aplicación de un agente de acoplamiento mejora el comportamiento adhesivo en este tipo de procedimientos; asimismo, se comprobó que, aunque el micro arenado no alcanzó diferencias estadísticamente significativas frente al control, sí mostró un efecto positivo al reducir la presencia de filtraciones severas, lo que respalda su utilidad clínica. En conjunto, los hallazgos permiten afirmar que se cumplieron los objetivos propuestos.

Al analizar el estudio de realizado en Arequipa en 2019, observo que su investigación tuvo como objetivo evaluar la microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta posterior a la aplicación de agentes aclarantes, mientras que en mi estudio me enfoqué en comparar dos protocolos de reparación (micro arenado y silanizado) y su influencia en el sellado marginal en cavidades Clase I; ambos trabajos coinciden en el uso de la técnica de penetración de colorante con azul de metileno y observación microscópica, sin embargo, difieren en el diseño experimental, ya que el estudio de Ortiz utilizó premolares humanos con cavidades Clase I y II expuestos a agentes aclarantes, mientras que en mi investigación trabajé con muestras in vitro en la reparación de resinas, lo que reduce la variabilidad; en cuanto a los resultados, en el estudio de Ortiz se reportan niveles bajos a moderados de microfiltración sin diferencias marcadas entre los agentes, especialmente en cavidades Clase I, mientras que en mi estudio se evidenció una diferencia más clara entre grupos, destacando el silanizado como el protocolo más eficaz para minimizar la microfiltración frente al grupo control, además, a diferencia de dicho antecedente, en mi investigación se aplicó análisis estadístico inferencial que permitió confirmar diferencias significativas. En conjunto, ambos estudios coinciden en la importancia del control de la microfiltración (50).

Al analizar el estudio realizado en Puno en 2023 (51), observo que su investigación tuvo como objetivo evaluar la microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta Clase II comparando la presencia o ausencia de una base ionomérica, mientras que en mi estudio me enfoqué en analizar el efecto de dos protocolos de reparación (micro arenado y silanizado)

sobre el sellado marginal en cavidades Clase I; ambos trabajos coinciden en ser estudios in vitro, en el uso de resinas compuestas y en la evaluación de la microfiltración como variable principal, además de aplicar análisis estadístico para determinar diferencias significativas; sin embargo, existen diferencias importantes en el enfoque metodológico, ya que el estudio de Calizaya-Bendita utiliza dientes humanos con cavidades Clase II y evalúa el efecto de una base ionomérica a lo largo del tiempo (48 horas hasta 45 días), mientras que en mi investigación trabajé con muestras in vitro en cavidades Clase I y evalué específicamente protocolos de reparación tras envejecimiento artificial mediante termociclaje. Ambos estudios coinciden en que la modificación del protocolo clínico influye significativamente en la microfiltración, ya que en el antecedente se encontró mayor filtración en restauraciones sin base ionomérica, mientras que en mi estudio el grupo control presentó mayor microfiltración y el silanizado demostró ser la técnica más efectiva para mejorar el sellado marginal (51).

En el estudio de Chachapoyas del 2023 (52), se evidencia que el tipo de sistema adhesivo influye de manera significativa en el grado de microfiltración, destacando el mejor desempeño del sistema etch and rinse Optibond FL frente a otros adhesivos, lo cual coincide con la idea de que la calidad de la interfase adhesiva es determinante en el sellado marginal; en mi caso, aunque no evalué sistemas adhesivos como variable principal, también observé diferencias significativas en función del protocolo aplicado, siendo el silanizado el que mostró mejor comportamiento, lo que refuerza la importancia del acondicionamiento de la superficie en la reducción de la microfiltración; metodológicamente, ambos estudios comparten el uso de termociclaje y penetración con azul de metileno, así como análisis estadístico no paramétrico. Mientras Vigo Maicelo encuentra diferencias claras entre sistemas adhesivos, con algunos mostrando ausencia total de filtración, en mi investigación no se alcanzan niveles absolutos en todos los grupos, pero sí se evidencia una mejora notable con el uso de silano (52).

En el antecedente del 2018, se observa que el silano, aplicado de forma independiente, alcanza los mayores valores de resistencia adhesiva en la reparación de cerómeros, mientras que su combinación con adhesivos universales no solo no mejora la unión, sino que incluso la reduce, lo cual resulta particularmente interesante al contrastarlo con mis hallazgos, donde el silanizado también mostró el mejor comportamiento en términos de sellado marginal; esta coincidencia refuerza el papel del silano como agente clave en la optimización de la interfase adhesiva, aunque los enfoques difieren, ya que dicho estudio evalúa resistencia de unión mediante microtensión en un sustrato indirecto como el cerómero, mientras que yo analizo microfiltración en resinas compuestas bajo un modelo de reparación directa; En conjunto,

ambos resultados apuntan a que no necesariamente la combinación de múltiples agentes mejora el desempeño restaurador, sino que la correcta selección y aplicación de un protocolo específico —como el silanizado— puede ser suficiente y más efectiva para optimizar la integridad de la interfase (53).

En la investigación de Chile del 2020, se plantea que la reparación de restauraciones directas defectuosas, aunque conservadora, podría asociarse a un mayor riesgo de caries secundaria, aunque con baja certeza de evidencia, lo cual introduce una perspectiva clínica más cautelosa frente a la reparación; al contrastarlo con mis resultados, encuentro que, bajo condiciones controladas, la aplicación de protocolos adecuados —especialmente el silanizado— mejora significativamente el sellado marginal, lo que teóricamente contribuiría a reducir factores asociados al fracaso como la microfiltración, mostrando un escenario más favorable para la reparación cuando se optimiza la técnica; la diferencia principal radica en que el estudio de Fuentes se basa en evidencia clínica y revisiones sistemáticas, mientras que mi investigación se desarrolla en un entorno experimental donde es posible aislar el efecto del protocolo de superficie; en ese sentido, ambos enfoques no se contradicen directamente, sino que se complementan (54).

En la revisión del antecedente de Colombia del 2025, se resalta el arenado como una estrategia relevante dentro del acondicionamiento de superficie, destacando su capacidad para limpiar el sustrato y modificar su topografía. Al contrastarlo con mis resultados, observo que el micro arenado no logró diferencias estadísticamente significativas frente al grupo control, aunque sí contribuyó a eliminar casos de filtración severa, lo que sugiere un efecto limitado pero clínicamente útil; esta diferencia puede explicarse precisamente por lo que menciona la autora, es decir, la variabilidad en los parámetros del arenado y su impacto sobre la superficie. En conjunto, ambos aportes coinciden en que el arenado tiene un rol dentro de la odontología adhesiva, pero su efectividad depende en gran medida de cómo se estandaricen y apliquen sus parámetros clínicos (55).

La elección de un agente acondicionante que promueva una interacción entre el sustrato resinoso y el material reparador es un factor que afecta potencialmente la duración de la restauración. Actualmente se utilizan diferentes técnicas para maximizar el acoplamiento en la interfase, sobre todo las técnicas mediadas por agentes silanos. Los silanos son moléculas bifuncionales, con un extremo capaz de reaccionar con superficies inorgánicas cubiertas con grupos hidroxilo OH- y el otro extremo con sustratos orgánicos tales como resinas. La literatura

reporta que la aplicación de un silano mejora el acondicionamiento de la superficie para la unión química con las cargas expuestas en la superficie. Así también, el micro arenado es un protocolo comprobado en la odontología restauradora y según la literatura y la evidencia, favorece la creación de micro irregularidades de la superficie tratada, lo que beneficia en el acoplamiento de las dos interfases, sea de material restaurador y sustrato dental, o ya sea en el caso de unión entre el material y el sustrato de resina cuando realizamos reparaciones conservadoras, como en el caso de nuestra investigación.



CONCLUSIONES

PRIMERA

El protocolo de acondicionamiento mediante micro arenado con óxido de aluminio permite obtener un sellado marginal predominantemente superficial, con un 66.7% de las muestras situadas en el Grado 1 de filtración. Si bien este método logra eliminar por completo la filtración máxima (Grado 3) observada en el grupo control, los resultados indican que no existe una diferencia estadísticamente significativa en comparación con no realizar ningún tratamiento adicional ($P = 0.081$).

SEGUNDA

El protocolo de acondicionamiento con silano es altamente efectivo para minimizar la filtración marginal, logrando que un 41.7% de las muestras alcancen un sellado total (Grado 0) y un 50.0% presenten una filtración mínima (Grado 1). Este método demuestra una reducción de la microfiltración estadísticamente significativa en comparación con el grupo control ($P = 0.013$).

TERCERA

Finalmente, se concluye que existe un efecto diferenciado y significativo en el grado de microfiltración marginal al aplicar distintos protocolos de reparación en resinas compuestas ($P = 0.022$). El silanizado se establece como el protocolo más eficaz para reducir la microfiltración en cavidades Clase I en comparación con el grupo control. Asimismo, aunque clínicamente el silanizado reportó una mayor frecuencia de éxito absoluto frente al micro arenado, estadísticamente ambos protocolos activos son similares estadísticamente ($P = 0.201$), demostrando que cualquier forma de acondicionamiento, ya sea químico o mecánico, es superior a la reparación convencional sin tratamiento previo.

RECOMENDACIONES

1. **Recomendación General:** Basándose en la evidencia obtenida, se recomienda que para realizar cualquier procedimiento de reparación de resinas compuestas se implemente un protocolo de acondicionamiento activo de la superficie. Dado que el grupo control presentó una vulnerabilidad del 50% en niveles de filtración profunda, resulta indispensable priorizar el uso de agentes químicos o mecánicos. Específicamente, se sugiere la integración sistemática del silanizado, ya que demostró ser el método más eficiente para garantizar un sellado marginal eficiente en cavidades clase I, minimizando el riesgo de microfiltración marginal.
2. **Recomendación para Futuros Investigadores:** Se exhorta a nuevos tesisas a expandir los alcances de esta investigación mediante la modificación de variables que permitan profundizar en la estabilidad de la interfase adhesiva. Es recomendable realizar estudios que evalúen otras marcas comerciales de resinas (como resinas Bulk Fill o nanohíbridas de distintos fabricantes) y protocolos de acondicionamiento alternativos, como el grabado con ácido fluorhídrico o el uso de láser Er:YAG.
3. **Recomendación para Odontólogos:** Se recomienda a los profesionales de la salud bucal adoptar el protocolo de silanizado en la reparación de restauraciones defectuosas, debido a su facilidad técnica y a los altos niveles de éxito reportados en este estudio. El clínico debe mantenerse en constante actualización sobre los protocolos de biomateriales para asegurar una odontología de mínima intervención que beneficie directamente al paciente, preservando la mayor cantidad de estructura dental sana y reduciendo los costos y tiempos operatorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Javier Montero CGP. Restauraciones con resinas compuestas: criterios clínicos actuales y longevidad. *Revista Española de Odontología Conservadora*. 2021; 26(2).
2. Jack L. Ferracane TJH. Polymerization shrinkage of dental composites and its clinical consequences. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020; 32(1).
3. Ian R. Blum CDLNHFW. Reparación de restauraciones de resina compuesta: una alternativa mínimamente invasiva. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*. 2020; 13(3).
4. Fabio Papacchini MTFM. Surface treatment strategies for composite repair: a systematic review. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2022; 24(1).
5. Anusavice KJ SCRH. Phillips: Ciencia de los materiales dentales. treceava ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
6. Luiz Narciso Baratieri SMJAVR. Odontología restauradora: fundamentos y técnicas. Segunda ed. Madrid: Elsevier; 2020.
7. Conceição EN. Dentística: salud y estética. Tercera ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2018.
8. BARRANCOS MOONEY JPJB. Operatoria Dental. Avances clínicos, restauraciones y estética. 5th ed. Alvear MTd, editor. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2015.
9. Ronald L. Sakaguchi JMPRGC. Materiales dentales restauradores. Catorceava ed. Madrid: Elsevier; 2020.
10. Noort RV. Introducción a los materiales dentales. Quinta ed. Madrid: Elsevier; 2021.
11. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental Materials*. 2019; 35(1).
12. Graham J. Mount WRH. Conservación y restauración de la estructura dental. Tercera ed. Madrid: Elsevier; 2017.

13. Demarco FF CKCdSF. Anterior composite restorations: a systematic review. *Journal Dentistic*. 2020; 90.
14. Niek J.M. Opdam RFPM. Longevity of posterior composite restorations. *Journal of Dental Research*. 2019; 98(7).
15. Zarone F DMMAP. Restauraciones indirectas en odontología: materiales y técnicas Madrid: Médica Panamericana; 2021.
16. Pascal Magne UCB. Restauraciones adhesivas de porcelana en dientes anteriores. Segunda ed. Barcelona: Quintessence; 2018.
17. Daniel Edelhoff JAS. Tooth structure removal associated with various preparation designs. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 121(3).
18. Siegwad D. Heintze VR. Clinical effectiveness of direct class II restorations. *Dental Materials*. 2019; 35(4).
19. Roberto Ruggiero Braga JLF. Alternatives in polymerization contraction stress management. *Dental Materials*. 2019; 35(1).
20. Francesca Papacchini MTFM. Composite repair strategies. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2022; 24(1).
21. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora. Salud y estética. 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.
22. BARATIERI LN. Operatoria dental: procedimientos preventivos y restauradores Sao Paulo: Editora Quintessence; 1993.
23. Sideridou I TVPG. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*. 2018; 23(8).
24. Gómez C PJ. Estética y odontología restauradora: principios biomiméticos Madrid: Ripano; 2019.

25. Mondelli RFL GGFJ. Materiales dentales: procedimientos clínicos y laboratoriales. Segunda ed. Sao Paolo; 2016.
26. Macchi RL. "Materiales Dentales". Cuarta ed.: Editorial Médica Panamericana; 2004.
27. Espinoza Wood TM. "Análisis comparativo invitro del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas utilizando el sistema adhesivo Adper Single Bond 2 con grabado acidoy Sinlgle Bond Universal con y sin grabado acido". Tesis. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Odontología; 2014.
28. PEREIRA SÁNCHEZ NATALIE JBA. "Microfiltración de restauraciones clase v de resina compuesta colocadas con un adhesivo auto-acondicionante y un adhesivo de grabado total". ODOUS CIENTIFICA. 2007 Diciembre; VIII(2).
29. GABRIELA MARINA FALCONÍ BORJA CGMPBVVRADCAV. "Evaluación del grado de microfiltración en restauraciones de resina compuesta, comparando dos sistemas adhesivos tras diferentes períodos de envejecimiento". Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. 2016; 27(2).
30. ABRIL VJV. "Análisis comparativo del nivel de micro filtración marginal entre sistemas adhesivos grabables y autograbables. Estudio in vitro". Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil. 2017.
31. Brännström M. Dentin and pulp in restorative dentistry Madrid: Médica Panamericana; 2018.
32. Luiz Narciso Baratieri SMJAVR. Odontología restauradora: fundamentos y técnicas. Segunda ed. Madrid: Elsevier; 2020.
33. Ole Fejerskov BN. Dental caries: the disease and its clinical management. Tercera ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2019.
34. Graham J. Mount WRH. Conservación y restauración de la estructura dental. Tercera ed. Madrid: Elsevier; 2017.
35. Kidd EAM. Microleakage: a review. Journal of Dentistry. 2019; 47(1).
36. SD H. Clinical relevance of microleakage studies. Dental Materials. 2020; 36(1).

37. Brian W. Darvell GMS. Thermal cycling procedures for laboratory testing. *Journal of Dentistry*. 2019; 27(2).
38. 11405 I. Dental materials—testing of adhesion to tooth structure. 2015. Geneva.
39. Federation FWD. Reparación de restauraciones: Declaración de política de la FDI. [Online].; 2025 [cited 2026 Abril 30. Available from: <https://www.fdiworlddental.org/es/repuracion-de-restauraciones>.
40. Barrancos Mooney J BP. *Operatoria Dental: Integración clínica*. Sexta ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2024.
41. Maldonado DA PCGJ. Adhesión de las resinas compuestas a esmalte y dentina: ¿Logramos el sistema ideal? *Revista de la Asociación Dental Mexicana*. 2025; 82(3).
42. Fuentes V EJ. Reparación comparada con reemplazo de restauraciones directas defectuosas. *Revista Internacional de Odontología Interdisciplinaria*. 2020; 13(3).
43. CT M. ¿Arenar o no arenar? Una decisión clínica basada en la evidencia. Medellín: Universidad CES; 2025.
44. AR O. Estudio in vitro de la fuerza de adhesión de restauraciones de composite reparadas. Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat Internacional de Catalunya; 2023.
45. NM VM. Evaluación In Vitro Microfiltración de Composites Dentales con Sistemas Adhesivos Universales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023; 7(3).
46. D CB. Estudio in vitro: Microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta clase II. *Revista Acciones Médicas*. 2023; 2(1).
47. Group FD. Prosil Silano: Instrucciones de uso y composición química del agente silanizante. [Online].; 2025 [cited 2026 Marzo 20. Available from: <https://fgmdentalgroup.com/latam/productos-estetica/prosil/>.
48. Gómez-Polo C CQA. Factores críticos en la adhesión de reparaciones en composite: Revisión de literatura. *Sanidad Militar*. 2022; 78(2).

49. Rodrigues-Junior SA FJ. Protocolos de optimización para restauraciones con resina compuesta. [Online].; 2025 [cited 2026 Marzo 20. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/390628492>.
50. CRISTAL RCY. Grado de microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta posterior a la aplicación de agentes aclarantes. Tesis para título profesional. Arequipa: Universidad Alas Peruanas, Escuela Profesional de Odontología; 2019.
51. Danny Calizaya-Bendita FCFEMALLJVMCRP. Estudio in vitro: Microfiltración marginal en restauraciones con resina compuesta clase II. Revista Acciones Médicas. 2023; 2(1).
52. Neyser Mercedes Vigo Maicelo OPSLEVREAJTNATC. Evaluación In Vitro Microfiltración de Composites Dentales Adheridos a Dentina por Sistemas Adhesivos Etch And Rinse y Self Etch. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023 Mayo - Junio; 7(3).
53. Diana Carolina Hernández Barragán ACCGJNCR. Influencia del silano y adhesivos universales en la adhesión durante la reparación de un cerómero. Revista Odontológica Mexicana. 2018 Julio-Septiembre; 22(3).
54. Valentina Fuentes JEJT. Reparación comparada con reemplazo de restauraciones directas posteriores defectuosas en pacientes con dentición permanente. International Journal of Interdisciplinary Dentistry. 2020; 13(3).
55. Moreno CT. ¿Arenar o no arenar? Una decisión clínica basada en la evidencia. Posgrado Rehabilitación Oral CES. Sabaneta: Universidad CES, Facultad de Odontología; 2025.
56. Hervás García Adela MLMACVJBEAFGP. Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med. oral patol. oral cir.bucal (Internet. 2006 Abril; 11(2).
57. Mosby. DICCIONARIO DE ODONTOLOGÍA. Segunda edición ed. Barcelona, España: Elsevier España, S.L.; 2009.
58. Macchi RL. Materiales Dentales. 4th ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2007.

59. García García P, Martínez Pérez MM, Sánchez Guerrero C. Odontología restauradora: fundamentos y aplicaciones clínicas. Segunda ed. Elsevier , editor. Barcelona; 2019.
60. JL F. Resin composite—State of the art. Dental Materials. 2011; 27(1).
61. Federation FWD. Direct posterior restorations guidelines. International Dental Journal. 2020; 70(3).





ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos. Grupo Silanizado

Resina Z350 XT		
Muestra	Acondicionamiento	Grado de Microfiltración
1	Silanizado	1
2	Silanizado	0
3	Silanizado	0
4	Silanizado	1
5	Silanizado	0
6	Silanizado	0
7	Silanizado	1
8	Silanizado	1
9	Silanizado	0
10	Silanizado	1
11	Silanizado	2
12	Silanizado	1

FICHA 2 Recolección de datos. Grupo Micro arenado

Resina Z350 XT		
Muestra	Acondicionamiento	Grado de Microfiltración
1	Micro arenado	0
2	Micro arenado	1
3	Micro arenado	1
4	Micro arenado	1
5	Micro arenado	2
6	Micro arenado	1
7	Micro arenado	2
8	Micro arenado	1
9	Micro arenado	0
10	Micro arenado	1
11	Micro arenado	1
12	Micro arenado	1

FICHA 3 Recolección de datos. Grupo control

Resina Z350 XT		
Muestra	Acondicionamiento	Grado de Microfiltración
1	Ninguna	1
2	Ninguna	2
3	Ninguna	1
4	Ninguna	1
5	Ninguna	0
6	Ninguna	3
7	Ninguna	2
8	Ninguna	2
9	Ninguna	3
10	Ninguna	1
11	Ninguna	3
12	Ninguna	1

FICHA 4 Dictamen del comité de ética



**Universidad
Católica de
Santa María**

Investigador/a/es/as
Midolo Gonzales, Juan del Piero

Sentimiento Santamariano

**Comité
Institucional de
Ética de la
Investigación**

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa – Perú
(+54) – 382038

UCSM.EDU.PE

Arequipa, 15 mayo 2026

De mi especial consideración.

Me dirijo a usted/es para hacerle/s llegar el resultado de la evaluación de su proyecto de investigación y dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación.

TÍTULO: “Efecto de dos protocolos de reparación de resinas dentales en la microfiltración marginal en cavidades clase I. Arequipa, 2025”.

INVESTIGADOR/A/ES/AS: Midolo Gonzales, Juan del Piero.

TIPO Y DISEÑO: Cuantitativo, aplicado, experimental in vitro, explicativo, correlacional, transversal.

OBJETIVO: La investigación tiene como objetivo: Determinar el grado de microfiltración marginal al comparar dos protocolos de reparación de resinas compuestas (micro arenado y silanizado) bajo condiciones experimentales in vitro.

PROCEDIMIENTOS: Análisis laboratorial.

SUJETOS DE ESTUDIO: Cilindros de resina compuesta elaborados en laboratorio según norma ISO 4049 (36 unidades).

RIESGO DEL ESTUDIO: Mínimo.

OBSERVACIONES, SUGERENCIAS: Debe proteger confidencialidad de la data sensible.



DICTAMEN:



DICTAMEN FAVORABLE 272 - 2026 CIEI-UCSM

VIGENCIA: La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente dictamen hasta el 15 de mayo de 2027.

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Agueda Muñoz Del Carpio Toia", is positioned above the printed name.

Agueda Muñoz Del Carpio Toia
Comité Institucional de Ética de la Investigación UCSM

Arequipa, 15 mayo 2026

REGISTRO VISUAL

IMAGEN 1 Resina Z350 XT



IMAGEN 2 Micro arenador



IMAGEN 3 Silano



IMAGEN 4 Elaboración de muestras



IMAGEN 5 Elaboración de muestras



IMAGEN 6 Termociclaje



IMAGEN 7 Termociclaje



IMAGEN 8 Inmersión en colorante

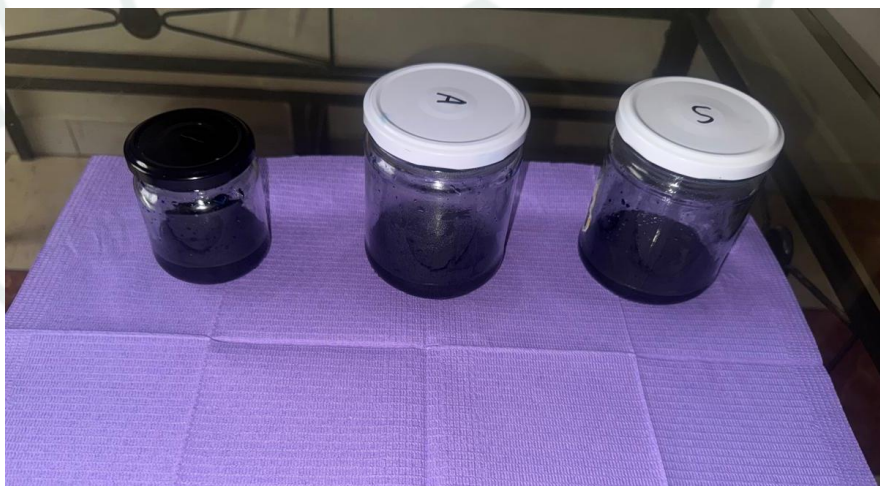


IMAGEN 9 Muestras



IMAGEN 10 Grupo control. Grado 1



IMAGEN 11 Grupo control. Grado 3

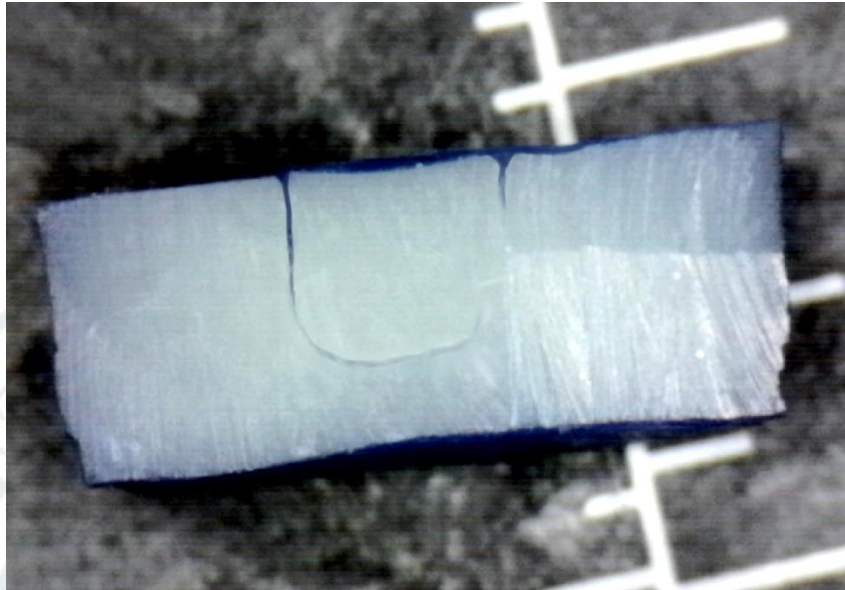


IMAGEN 12 Grupo Micro arenado. Grado 1

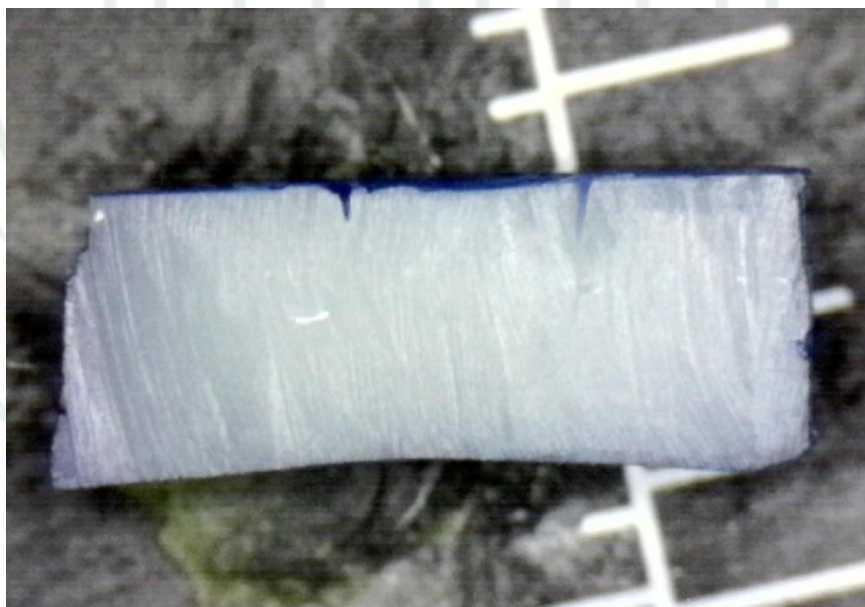


IMAGEN 13 Grupo Micro arenado. Grado 0

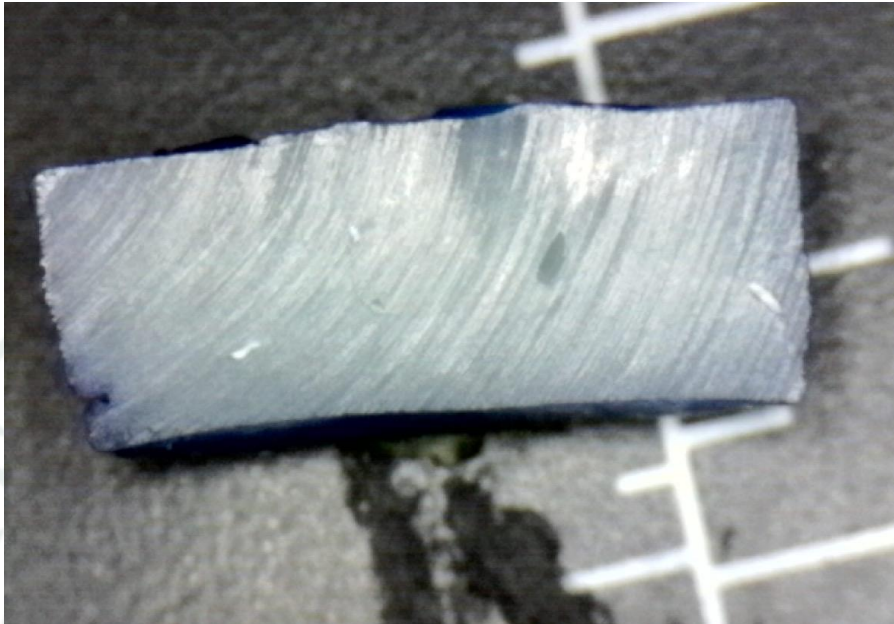


IMAGEN 14 Grupo Silanizado. Grado 1

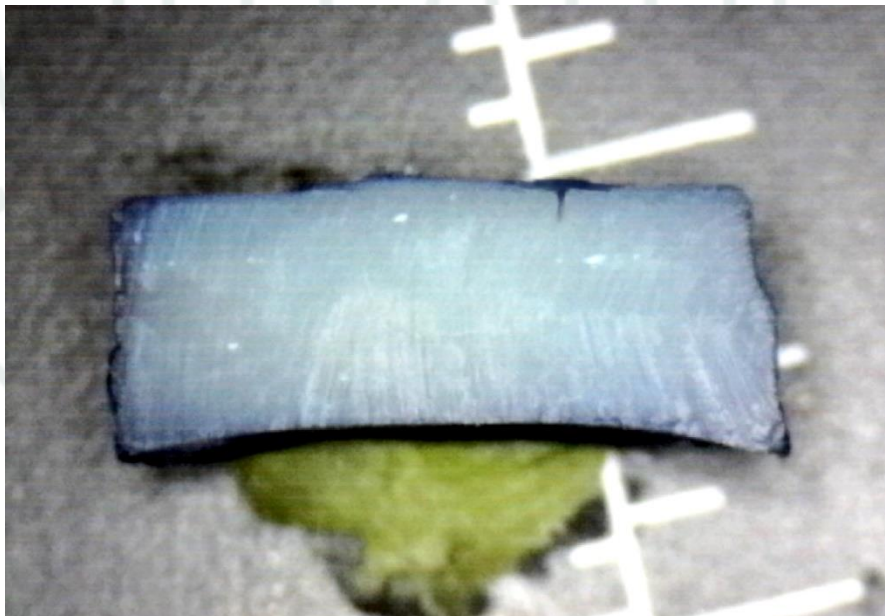


IMAGEN 15 Grupo Silanizado. Grado 0

