



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

“Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en Odontología”

INFLUENCIA DEL CICLAJE TÉRMICO SOBRE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS Y SOBRE LA
FILTRACIÓN MARGINAL DE RESTAURACIONES CERVICALES. Estudio in
vitro

DOCTORANDO: ESP. OD. VERÓNICA VENTRERA
DIRECTORA: DRA. ADRIANA POLETTO
CODIRECTORA: DRA. ALESSANDRA BUHLER
BORGES

Mendoza, Argentina 2026

JURADO DE TESIS

MIEMBROS TITULARES: Dra. Sofía Piglionico (UNCuyo)
 Dr. Walther Zavala (UNCuyo)
 Dr. Horacio Javier Romero (UNNE).

MIEMBROS SUPLENTEs: Dr. Edgardo Boero (UNCuyo)
 Dra. Patricia Mulbany (UNRN).

***“El éxito en la vida
no se mide por lo que logres sino por los obstáculos que
superas”***

Booker T. Washington

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme tantas oportunidades y bendiciones tanto en mi vida personal, como profesional.

Agradezco a la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo por permitirme avanzar en mi carrera profesional y por la oportunidad de lograr este doctorado.

Agradezco a mis profesores José Luis Pascual y Enrique Saavedra quienes fueron mis primeros maestros, no solo en Operatoria Dental sino que también me enseñaron a amar esta hermosa profesión.

A la Dra. Adriana Poletto, mi directora, por su ayuda, sus sugerencias, su guía y por su siempre prontas respuestas.

A mi codirectora, la Dra. Alessandra Buhler Borges por su contribución generosa en la concreción de esta tesis, sus aportes y sugerencias siempre afectuosos, pertinentes y certeros.

Agradezco y dedico este trabajo a mi familia, mi esposo Roque y mis hijos, que son la luz de mis días, a quienes quité mucho tiempo para dedicarme a este y otros trabajos, pero que siempre me acompañaron, me ayudaron y me alentaron a seguir.

Agradezco y dedico este esfuerzo a mis hijos Emilce y Exequiel quienes, todos los días de nuestra vida, me enseñaron algo y fueron el motor que me impulsó siempre.

También se lo dedico a mis padres, especialmente a mi madre, quien me impulsó siempre a superarme y no ver los límites como barreras sino como oportunidades para crecer.

Agradezco profundamente a mi amiga incondicional, Alejandra Barrionuevo, compañera de toda la carrera, de la vida y de esta travesía que fue el doctorado en odontología, con quien compartimos todas las alegrías y superamos todos los contratiempos y espero poder seguir compartiendo más aventuras.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

La autora de la presente tesis, declara no tener ningún conflicto de interés que pueda influir en la capacidad para realizar esta investigación. Se compromete a actuar con objetividad y transparencia en todas las acciones y decisiones relacionadas con este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

COMISIÓN DE TESIS.....	II
DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	VIII
INDICE DE IMÁGENES	X
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	XI
ABREVIATURAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEÓRICO	4
BASES DE LA ADHESIÓN A LA ESTRUCTURA DENTARIA	4
FRACASOS EN LA ADHESIÓN DENTARIA	9
RESINAS COMPUESTAS: COMPOSICIÓN	13
Propiedades térmicas de las resinas compuestas	18
Color de las resinas compuestas.....	21
Ciclaje térmico y color de las resinas compuestas.....	27
MICRODUREZA DE LOS MATERIALES RESINOSOS	29
FILTRACIÓN MARGINAL	33
CAPÍTULO 3	37
HIPÓTESIS.....	37
OBJETIVOS GENERALES.....	38
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
CAPÍTULO 4	39
MATERIALES Y MÉTODO	39
OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS	40
Grupo I Spectra Smart de Dentsply-Sirona	43
Grupo II Filtex Z350 XT de 3M ESPE	43
COLOR.....	44
MICRODUREZA	45
FILTRACIÓN MARGINAL	45
Criterios de inclusión.....	46
Criterios de exclusión.....	46
TÉCNICA DE PREPARACIÓN Y RESTAURACION CAVITARIA	47
TÉCNICA DE TERMOCICLADO	49
ESTUDIO DE LA FILTRACIÓN MARGINAL	50
CAPÍTULO 5	54

COLOR	54
RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADISTICO	54
Material Spectra Smart.....	54
Resultados del material Spectra Smart.....	57
Material Filtex Z350 XT	58
Resultados de material Filtex Z350 XT	61
CAPÍTULO 6	65
MICRODUREZA.....	65
RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO	65
Material Spectra Smart Dentsply Sirona	65
Conclusión de material Spectra Smart.....	67
MATERIAL FILTEX Z350 XT 3M.....	68
Conclusión del material Z350 XT	71
COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS GRUPOS DE AMBOS MATERIALES	72
RESUMEN DE RESULTADOS PARA MICRODUREZA	75
CAPÍTULO 7	76
MICROFILTRACIÓN.....	76
RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADISTICO	76
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE CADA GRUPO POR MATERIAL Y MÉTODOS APLICADOS	76
Material Spectra Smart.....	77
MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL PARA EL MATERIAL SPECTRA SMART	78
MATERIAL FILTEX Z530 XT	78
MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL PARA EL MATERIAL FILTEX Z350XT	79
ANÁLISIS DE PRUEBA DE HIPÓTESIS	80
Pared Cervical.....	81
Pared Oclusal.....	82
MATERIAL FILTEX Z350 XT	83
Pared Cervical.....	83
Pared Oclusal.....	84
COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS MATERIALES	85
Pared Cervical.....	85
Pared oclusal.....	86
RESUMEN DE RESULTADOS PARA FILTRACIÓN MARGINAL	86
CAPÍTULO 8	88
DISCUSIÓN	88
CAPÍTULO 9	95
CONCLUSIONES	95
CAPITULO 10.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA 1 CRITERIOS NBS DE LA OFICINA NACIONAL DE ESTANDARIZACIÓN.....	26
TABLA 2: REFERENCIAS O GRADOS DE PENETRACIÓN DEL COLORANTE	52
TABLA 3: RESULTADO ΔE DEL MATERIAL SPECTRA SMART	54
GRÁFICO 1 REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES DE DELTA E DEL MATERIAL SPECTRA SMART	55
TABLA 4: RESUMEN DE HIPÓTESIS PARA VARIABLE DELTA E DEL MATERIAL SPECTRA SMART	55
TABLA 5: COMPARACIÓN POR PARES PARA LA PRUEBA U MANN-WHITNEY DE HIPÓTESIS NULA (A).....	57
TABLA 6: SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL MATERIAL SPECTRA SMART COMPARACIÓN INTER-GRUPOS.....	58
TABLA 7: RESULTADO ΔE DEL MATERIAL FILTEX Z350 XT	58
GRÁFICO 2: REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES DE DELTA E DEL MATERIAL Z 350 XT.....	58
TABLA 8: RESUMEN DE HIPÓTESIS PARA VARIABLE DELTA E MATERIAL FILTEX Z350 XT	59
TABLA 9: COMPARACIÓN POR PARES PARA PRUEBA U DE MANN-WHITNEY DE HIPÓTESIS NULA ^A	60
TABLA 10: SÍNTESIS RESULTADOS COMPARACIÓN DE GRUPOS.....	61
TABLA 11: COMPARACIÓN POR PARES PARA PRUEBA U DE MANN-WHITNEY DE HIPÓTESIS NULA ^A	62
GRÁFICO 3: COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE DELTA E DE AMBOS MATERIALES	62
TABLA 12 VALORES PROMEDIO DE MICRODUREZA DEL MATERIAL SPECTRA SMART	65
TABLA 13: RESUMEN DE HIPÓTESIS NULA PARA MICRODUREZA DEL MATERIAL SPECTRA SMART. PRUEBA KRUSKAL-WALLIS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES	66
TABLA 14: RESUMEN DE HIPÓTESIS PARA MICRODUREZA DEL MATERIAL SPECTRA SMART. PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES. SE INCLUYEN TODOS LOS PARES POSIBLES.....	67
TABLA 15: SÍNTESIS RESULTADOS COMPARACIÓN DE GRUPOS PARA EL MATERIAL SPECTRA SMART	68
TABLA 16: VALORES PROMEDIOS DE MICRODUREZA. MATERIAL FILTEX Z350 XT ...	69
TABLA 17: RESUMEN DE HIPÓTESIS NULA PARA MICRODUREZA DEL MATERIAL FILTEX Z350 XT. PRUEBA KRUSKAL-WALLIS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES...	69
TABLA 18: RESUMEN DE HIPÓTESIS PARA MICRODUREZA DEL MATERIAL FILTEX Z350 XT. PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES. SE INCLUYEN TODOS LOS PARES POSIBLES.....	71

TABLA 19: SÍNTESIS COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS.....	72
TABLA 20: VALORES PROMEDIO MICRODUREZA DE LOS GRUPOS DE 10.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	72
TABLA 21: PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA GRUPO 10.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	73
TABLA 22: VALORES PROMEDIO MICRODUREZA DE LOS GRUPOS DE 20.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	73
TABLA 23: PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA LOS GRUPOS DE 20.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	74
TABLA 24: VALORES PROMEDIO MICRODUREZA DE LOS GRUPOS DE 30.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	74
TABLA 25: PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA LOS GRUPOS DE 30.000 CICLOS DE AMBOS MATERIALES.....	75
TABLA 26: REFERENCIAS O GRADOS DE INFILTRACIÓN DEL COLORANTE	77
GRÁFICO 4: FRECUENCIA DE FILTRACIÓN EN PARED CERVICAL TODOS LOS GRUPOS	77
GRÁFICO 5: FRECUENCIA DE FILTRACIÓN EN PARED OCLUSAL TODOS LOS GRUPOS	78
GRÁFICO 6: FRECUENCIA DE FILTRACIÓN EN PARED CERVICAL DE TODOS LOS GRUPOS	79
GRÁFICO 7: FRECUENCIA DE FILTRACIÓN EN PARED OCLUSAL TODOS LOS GRUPOS	79
TABLA 27: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED CERVICAL (COMPARACIÓN POR PARES). MATERIAL SPECTRA SMART	81
GRÁFICO 8: COMPARACIÓN POR PARES, MEDIANA PARED CERVICAL. MATERIAL SPECTRA SMART	82
TABLA 28: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED OCLUSAL (COMPARACIÓN POR PARES). MATERIAL SPECTRA SMART	82
TABLA 29: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED CERVICAL (COMPARACIÓN POR PARES). MATERIAL FILTEX Z350 XT.....	83
TABLA 30: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED OCLUSAL (COMPARACIÓN POR PARES). MATERIAL FILTEX Z350 XT.....	84
TABLA 31: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED CERVICAL PARA IGUAL MÉTODO Y DISTINTOS MATERIALES	85
TABLA 32: PRUEBA DE HIPÓTESIS NULA PARA MEDIANA EN PARED OCLUSAL PARA IGUAL MÉTODO Y DISTINTOS MATERIALES	86

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO DEL COLOR CIE LAB	25
IMAGEN 2 (A Y B) MICRODURÓMETRO Y DETALLE DE LA PUNTA DEL INDENTADOR	31
IMAGEN 3: INDENTACIÓN DEL MICRODURÓMETRO SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS RESINAS COMPUESTA.	31
IMAGEN 4: LONGITUD DE LAS DIAGONALES MAYORES SEÑALADAS POR DOS MARCAS (VERDE Y ROJA)	31
IMÁGEN 5: LÁMPARA DE FOTOCURADO L.E.D. MARCA RADII-CAL DE S.D.I. POTENCIA 2.400MW.....	40
IMAGEN 6: CALIBRE DIGITAL MARCA STARRETT	41
IMAGEN 7: PULIDORA CIRCULAR POLIPAN 2.....	42
IMAGEN 8: PULIDORA AUTOMÁTICA MARCA STRUERS TEGRAMIN 25 (FOTO HTTPS://WWW.STRUERS.COM/ES-ES/PRODUCTS/GRINDING-AND-POLISHING/GRINDING-AND-POLISHING-EQUIPMENT/TEGRAMIN)	42
IMAGEN 9: SOPORTE PARA PULIDO A PARTE SUPERIOR B PARTE INFERIOR (EL ESPACIO ES REGULADO POR EL TORNILLO CON MARIPOSA)	42
IMAGEN 10: MUESTRAS NUMERADAS	43
IMAGEN 11: ESPECTROFOTÓMETRO KONICA MINOLTA CON SOFTWARE SPECTRA-MAGIC NX (JAPÓN).....	44
IMAGEN 12: TERMOCICLADORA MARCA ETHIK TECHNOLOGY BRASIL. DETALLE DEL BRAZO DEL TERMOCICLADOR.....	49
IMAGEN 13: PUEDE VERSE LOS ELEMENTOS DE MUESTRA SUMERGIDOS EN TACOS DE RESINA ACRÍLICA.....	50
IMAGEN 14: DETALLE DE LOS CORTES VERTICALES PASANDO POR EL ÁREA RESTAURADA.....	51
IMAGEN 15: TORNO DE MESA MARCA SHERLINE.....	51
IMAGEN 16: PUEDE OBSERVARSE UNA DE LAS MUESTRAS Y LAS RESTAURACIONES SECCIONADAS.....	52
IMAGEN 17 : GRADOS DE LA FILTRACIÓN EN LOS MÁRGENES DE LAS PREPARACIONES	53

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1: COMPARACIÓN POR PARES POSIBLES. MATERIAL SPECTRA SMART	56
DIAGRAMA 2: COMPARACIÓN POR PARES POSIBLES MATERIAL FILTEX Z350 XT	59
DIAGRAMA 3: GRUPOS MATERIAL SPECTRA SMART	65
DIAGRAMA 4: COMPARACIÓN POR PARES POSIBLES MATERIAL SPECTRA SMART.	66
DIAGRAMA 5 : GRUPOS DEL MATERIAL FILTEX Z350 XT	68
DIAGRAMA 6: COMPARACIÓN POR PARES POSIBLES MATERIAL FILTEX Z350 XT	70
DIAGRAMA 7: COMPARACIÓN GRUPO 10.000 CICLOS AMBOS MATERIALES.....	72
DIAGRAMA 8: COMPARACIÓN GRUPO 20.000 CICLOS AMBOS MATERIALES.....	73
DIAGRAMA 9: COMPARACIÓN GRUPO 30.000 CICLOS AMBOS MATERIALES.....	74

ABREVIATURAS

Rpm.	Revoluciones por minuto
mW.	Mili watts
ΔE o Delta E	Diferencia de color
PT	Umbral de percepción
AT	Umbral de aceptabilidad
ppm.	Partes por millón
°C	Grados Centígrados
Nm.	Nanómetros
Bis-GMA	Bisfenol A- Glicidil metacrilato
UDMA	Dimetacrilato de uretano
TEGMA	Dimetacrilato de trietilenglicol
SiO ₂	Dióxido de silicio

PROYECTO DE TESIS DOCTORADO

Doctorando VERÓNICA VENTRERA

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales. Estudio in vitro

RESUMEN

Objetivo: cuantificar si el ciclaje térmico influye en la filtración marginal de restauraciones cervicales, color y microdureza de dos resinas dentales.

Se confeccionaron 120 probetas de resinas Filtex Z350 XT de 3M y Spectra Smart de Dentsply. Se dividieron aleatoriamente en: grupo control y tres grupos sometidas a 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos térmico entre 5°C y 55°C para evaluar color y microdureza.

Microfiltración: se restauraron 44 preparaciones clase V en molares. Se les practicó el mismo régimen de termociclado. Posteriormente se sumergieron en azul de metileno 2% , se seccionaron longitudinalmente y se observaron al microscopio óptico a 10x.

Los datos fueron analizados estadísticamente, descriptiva y luego inferencialmente por medio de pruebas no paramétrica (Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney) de comparación de medias con un nivel de significación del 5%.

Hubo diferencias estadísticamente significativas en el color de todos los grupos para ambos materiales comparados con el grupo control.

La microdureza disminuyó en todos los grupos con ambos materiales, pero los valores estadísticamente significativos fueron los de 20.000 y 30.000 ciclos comparadas con el grupo control.

Microfiltración: la pared cervical de todos los grupos en ambos materiales presentó mayor filtración. Los valores fueron estadísticamente significativos para el material Spectra Smart, no así para el Filtex Z350 XT

Conclusión: el ciclaje térmico altera la estabilidad de color y la microdureza de ambos materiales. La pared cervical de ambos materiales presentó la mayor filtración.

Palabras claves: termociclado, microfiltración, color, microdureza, resinas compuestas

Influence of Volumetric Expansion by Thermal Cycling on the Mechanical and Physical Properties of Composite Resins and on Marginal Leakage in Cervical Restorations. An In Vitro Study

ABSTRACT

Objective: To quantify how thermal cycling influences marginal leakage, color, and microhardness of cervical restorations in two dental resins.

One hundred and twenty probes were fabricated using 3M Filtex Z350 XT and Dentsply Spectra Smart resins. These were randomly divided into a control group and three groups subjected to 10,000, 20,000, and 30,000 thermal cycles between 5°C and 55°C to evaluate color and microhardness.

Microleakage: Forty-four Class V molar restorations were restored. They underwent the same thermal cycling regimen. Subsequently, they were immersed in 2% methylene blue, sectioned longitudinally, and observed under a 10x optical microscope.

The data were analyzed statistically, descriptively and then inferentially using non-parametric tests (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests) for comparing means, with a significance level of 5%.

There were statistically significant differences in color in all groups for both materials compared to the control group.

Microhardness decreased in all groups with both materials, but the statistically significant values were those at 20,000 and 30,000 cycles compared to the control group.

Microleakage: the cervical wall of all groups in both materials showed greater leakage. The values were statistically significant for Spectra Smart, but not for Filtex Z350 XT.

Conclusion: thermal cycling alters the color stability and microhardness of both materials. The cervical wall of both materials showed the greatest leakage.

Keywords: thermocycling, microfiltration, color, microhardness, composite resins

CAPÍTULO 1

Introducción

Desde los inicios de la fabricación de las resinas compuestas el foco de las investigaciones, se centró en mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las mismas, con la finalidad de lograr materiales que soporten las condiciones del medio bucal. La dureza superficial del material es uno de los aspectos que los fabricantes han tratado de mejorar. Dependen de muchos factores, del grado de conversión de monómeros a polímeros y del contenido de materia inorgánica solo por citar algunos. La microdureza permite mantener el pulido superficial así como también la forma anatómica, el mantenimiento del punto de contacto, etc. El incremento de las uniones carbono-carbono de los monómeros y polímeros de las resinas da como resultados resinas compuestas más duras.

Los materiales cuando son expuestos a diferentes temperaturas sufren contracción y dilatación que se traduce en un aumento o disminución de su tamaño, esta propiedad es cuantificada por el coeficiente de variación térmica. Los materiales resinosos como los tejidos dentales tiene diferentes valores de coeficiente siendo los materiales resinoso 3 veces mayor o más, que el esmalte y la dentina. (Van Noort, 2013)

Por otro lado, el envejecimiento térmico (producto de las sucesivas exposiciones a cambios térmicos) afecta las uniones carbono-carbono de las resinas compuestas, esta alteración química podría modificar las propiedades mecánicas y físicas de estos materiales. (Gudiño Fernandez, 2010) Los estudios de microdureza podrían verse alterados cuando las muestras son sometidas a distintos regímenes de termociclado, así como también propiedades como el color de los materiales dentales.

La duración y longevidad de las resinas compuestas, depende de sus propiedades como la resistencia al desgaste, la integridad de la interface diente-restauración, de su dureza y de su rugosidad superficial. (Zaracho, 2017)

La literatura científica dispone de escasos trabajos que correlacionen la influencia de las variaciones volumétricas producidas por la temperatura sobre la dureza del material resina compuesta, así como también sobre el color y la filtración marginal.

Las restauraciones adhesivas del tercio cervical representan un desafío para la ciencia odontológica. Sobre todo, en aquellas preparaciones donde uno de los márgenes cavitarios se encuentra en dentina. (Araujo, 2006) (Perdigão, 2011) Las restauraciones de esa zona tienen buenos resultados adhesivos inmediatos y a corto plazo y las pruebas de laboratorio así lo confirman. (Breschi, 2008) Sin embargo, cuando este tipo de restauraciones permanecen en boca por espacio de 3 años o más manifiestan filtraciones en la interface ubicada en la pared cervical. (Atalay, 2019) Hay una falta general de datos que correlacionen el desempeño clínico de las restauraciones con ensayo de laboratorio. (Sarret, 2005)

La exposición de las restauraciones a los cambios de temperatura que se producen en el ambiente bucal, producen contracciones y dilataciones que generan estrés en los márgenes de las restauraciones pudiendo producir rupturas de la articulación adhesiva. (Nurrohman, 2012) (Deng, 2013) Esto ocasionaría caries secundarias y la pigmentación de los márgenes. (Cadenaro, 2019) Estas variaciones volumétricas de las restauraciones junto con los fenómenos de absorción y adsorción acuosa producen lixiviación de las cadenas monoméricas de las resinas que terminan desprendiendo monómeros al medio bucal y deterioro químico del material resinoso. (Dorfer, 2000)

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Este trabajo de investigación establece la asociación entre los cambios volumétricos generados por el coeficiente de variación térmica y la microdureza, los cambios de color y la filtración marginal de que sufren las resinas dentales. Lo que permitirá hacer una selección racional de los materiales de restauración a utilizar, de manera que se disminuyan los problemas que se asocian a las variaciones térmicas. Podría sentar bases para el desarrollo de materiales resinosos que presenten coeficientes de variaciones térmicas semejantes a las estructuras dentales. Además, desarrollar técnicas de inserción y manejo de restauraciones que solucionen los problemas asociados a las variaciones térmicas que presentan las resinas.

CAPÍTULO 2

Marco teórico

Bases de la adhesión a la estructura dentaria

Con el desarrollo de la adhesión en la odontología, en la década del '70, se inició una búsqueda para lograr restauraciones cada vez más selladas, hecho que evita lesiones recidivantes o secundarias. Los materiales de esos tiempos habían alcanzado algunas metas como era tener un color “dentario”, pero también tenían deficiencias graves como era la alta contracción de polimerización, propiedades ópticas y mecánicas deficientes, por lo que no podían ser utilizados en sectores de la boca donde por la función masticatoria el material era rápidamente deteriorado. Por otro lado, por ser de naturaleza polimérica tienen altos coeficientes de variaciones térmica, tres veces mayores que los tejidos dentarios, efecto que influye en el desempeño de las restauraciones a largo plazo.

El tratamiento ácido de la superficie del esmalte fue la piedra angular de la adhesión dental. (Henostroza Hero, 2010) A lo largo de los años, según las investigaciones adelantaban, algunos déficits de estos materiales se fueron mejorando tales como disminuir la contracción de polimerización, mejorar las propiedades físicas y mecánicas, entre otras, aunque aún persisten algunos problemas tales como la diferencia del coeficiente de variación dimensional térmica entre las resinas compuestas y las estructuras dentarias. (Bader Mattar, 2014) Muchas de las lesiones que se tratan en el día a día en la práctica odontológica eran soluciones impensadas hace no muchos años atrás, tales como: el refuerzo adhesivo de la estructura dentaria fragilizada, la

confección de preparaciones más conservadoras, el desarrollo de técnicas como el “collage” de fragmentos dentarios fracturados que permite solucionar casos graves de traumatismos en los cuales la adhesión es el único medio de retención. (Baratieri, 2011)

En el proceso de restauración de los elementos dentarios afectados por caries, luego de eliminar el tejido enfermo, queda formada una cavidad en cuyos bordes puede presentarse esmalte y dentina o cemento. Cuando la superficie sobre la que se va a restaurar es esmalte, las técnicas de restauración (basadas en investigaciones que las sustentan) han alcanzado un grado de desarrollo predecible y competente que se mantiene en el tiempo. (Macchi, 2006) La naturaleza principalmente inorgánica del esmalte con un porcentaje que oscila entre el 95 al 98% de hidroxiapatita en su mayoría permite, que, si bien hay variaciones entre un individuo y otro, se desarrolle una regularidad en el sustrato de adhesión que hace que el material restaurador se comporte de la misma manera trabajando muy eficientemente, aún cuando se los somete a procedimientos de envejecimiento tales como el ciclaje térmico y/o mecánico. (Gerdolle, 2008) Así mismo, como el esmalte es muy estable, la unión lograda con este tejido también permanece estable en el tiempo. (Macchi, 2006) (Hirata , 2014)

La técnica de restauración, originalmente propuesta por Buonocuore en 1955, consistía en el tratamiento de la superficie adamantina por una sustancia, el ácido fosfórico, que disuelve los cristales de hidroxiapatita del esmalte y deja una superficie irregular. Para lograr adhesión entre dos sustancias debe existir contacto íntimo entre ambas para lo cual, esa superficie irregular debe ser “rellenada” con un líquido lo suficientemente fluido como para que ocupe todos esos espacios, este líquido es el sistema adhesivo. Éste logra rellenar las imperfecciones dejadas por el ácido y una vez polimerizado, las prolongaciones trabadas en la superficie irregular fijan el sistema adhesivo al esmalte. A su vez, tienen una compatibilidad química con la resina compuesta que se usa para restaurar la cavidad. Cuando se coloca la pasta de resina

compuesta sobre el sistema adhesivo ya polimerizado se logra el sellado de la preparación una vez completada la polimerización de la resina compuesta.

Durante más de 60 años la adhesión al esmalte ha demostrado su gran efectividad y confiabilidad en la técnica restauradora. Lo que ha llevado a disminuir la necesidad de modificar el procedimiento clínico original, y las modificaciones realizadas a la técnica original casi podrían clasificarse como menores ya que las mismas se orientan a: llevar la concentración del ácido del 85%, propuesto originalmente, al 30% – 40%; y la reducción del tiempo de aplicación de 60 segundos en el original, a 15 segundos en la actualidad, además se modificó la consistencia para hacerlo gel en vez de líquido y así mejorar la técnica de uso. (Henostroza H, 2010) Estas modificaciones solo afectaron detalles menores quedando la técnica en si misma diseñada como originariamente se planteó. (Oliveira Araujo, 2008)

Por el contrario, la adhesión a dentina presenta un escenario totalmente distinto, ya que la misma es un tejido mixto. Con una composición que varía entre un 60 al 70% de sustancia inorgánica, conformada principalmente por hidroxiapatita, un 18 a 22% de sustancia orgánica la mayor parte de este porcentaje es colágeno y del 2 al 10% de agua. (Barrancos Mooney , 2006) (Trowbridge, 1999) Esta composición es la responsable de la flexibilidad del tejido dentinario. Presenta también células que, a través de la vida del individuo cambian, remodelan y modifican la estructura de la misma haciéndola dinámica en el tiempo. (Boldrini, 2003) Esta característica que constituye una ventaja en algunos aspectos también es una desventaja al momento de restaurar un elemento dentario, ya que las variaciones en la composición y principalmente en el contenido acuoso del tejido dentinario, presenta a veces barreras muy difíciles de salvar para las técnicas restauradoras. (Lima, 2019). Por otra parte, la dentina tiene en su estructura los túbulos dentinarios, que constituyen el 20 al 30% del volumen total de la dentina intacta. (Trowbridge, 1999) (Piguillem Brizuela, 2022) El contenido de estos túbulos es principalmente agua y contenidos celulares del proceso

odontoblástico, aunque varía durante la vida del individuo. El agua presente en la dentina hidroliza y degrada el material restaurador, sobre todo el que se encuentra en contacto directo con esa sustancia. (Tay, 1995)

Un importante avance de la adhesión al tejido dentinario se logró con la adhesión micromecánica. La parte de la estructura dentinaria capaz de aportar este “anclaje” es la trama de fibras colágenas de la dentina intertubular, como en situación normal esta red se encuentra calcificada, es necesario el uso de sustancias como el ácido fosfórico para desmineralizarla y dejar expuesta las fibras. Posteriormente debe ser embebida con algún componente capaz de introducirse en los espacios antes ocupados por los cristales minerales y luego de polimerizarla quedaría entrelazada con la red de fibras colágenas. Este componente debe tener afinidad con el agua, ya que en el tejido dentinario existe en gran porcentaje y debe ser compatible con los monómeros hidrófugos de la resina compuesta que lo recubrirá. Se crea así, una capa de dentina que tiene incorporado en su estructura y con ello adherido, un polímero. A esta capa se la denomina usualmente **capa híbrida**. (Macchi , 2006) Tiene un espesor que va de los 3 a los 6 micrómetros. Las sustancias capaces de lograr este efecto se las denominó **sistemas adhesivos de grabado total**. (Henostroza Hero, 2010)

Una de las debilidades de esta capa híbrida es que ocasionalmente no se puede impregnar el espesor total de la dentina desmineralizada con los sistemas adhesivos usados, o podría aumentarse mucho la permeabilidad por apertura de los canalículos dentinarios ocasionando sensibilidad posoperatoria. (Abate , 2003) Para tratar de solucionar este inconveniente, se desarrollaron sistemas adhesivos que llevaban incorporados radicales ácidos, los que se encargaban de desmineralizar la superficie dentinaria como así también, la capa de barro dentinario dejado por los instrumentos rotatorios. Eliminando con esta técnica el uso de ácido fosfórico para el tratamiento de la dentina. Dentro de la composición de estos **sistemas adhesivos autograbantes**, como se los denomina, se encuentran monómeros con

afinidad por el agua (hidrofílicos) y por los de la resina compuesta. Este procedimiento deja una capa llamada de **integración** donde se logra la disolución parcial del barro dentinario, la desmineralización superficial de la dentina subyacente y la impregnación de ambos estratos con monómeros que son capaces de “aceptar” el contenido acuoso de la dentina y a su vez tiene una afinidad química con los componentes de la resina compuesta. (Iglesias , 2015)

La capa de integración a diferencia de la capa híbrida suele tener 1 o 2 micrómetros de espesor. (Iglesias , 2015) Si bien esta técnica mejora algunos “defectos” o “errores” de los sistemas adhesivos de grabado total como es el aumento de la permeabilidad, presenta deficiencias en el grabado ácido del esmalte, ya que la efectividad de grabado de los monómeros podría ser menor que la de los agentes grabadores independientes. (Zambrano, 2008) (Lawson, 2015) Es así, donde algunos autores (Van Landuyt , 2006) (Bader Mattar, 2014) proponen modificar el protocolo de los sistemas adhesivos autograbantes en los márgenes cavitarios donde hay esmalte. En estos casos se usa grabado ácido previamente para asegurar la efectividad adhesiva de sistemas autograbante. Esta recomendación es la que se ha seguido en el presente trabajo.

La obtención de la capa híbrida o la capa de integración plantean los dos mecanismos más comunes de adhesión dentaria en la actualidad. (Spencer, 2010) Estas capas de espesores tan delgados junto con el material de restauración, deben resistir los fenómenos estáticos y dinámicos que se producen en el medio bucal.

Por otro lado, los materiales restauradores han ido cambiando su composición a lo largo de la historia y los materiales orgánicos que actualmente se usan requieren una técnica muy específica para lograr la fijación del material al tejido dental. (Gudiño Fernandez, 2010) Si bien los resultados de estas técnicas han demostrado efectividad a corto plazo, la

naturaleza tan variable del sustrato dentinario hace que en el largo plazo se produzcan problemas de adhesión en la interface. (Carvalho, 2010) Asimismo, la constitución mayoritariamente de base orgánica de estos sistemas adhesivos, los hace sensibles a los cambios de temperatura, ya que se dilatan a altas temperaturas y se contraen con bajas temperaturas. Y estos cambios térmicos son muy comunes que existan en boca durante los ciclos alimentarios pudiendo ser de tres a cinco veces mayores que el de las estructuras dentales. (Espinoza Wood, 2014)

Fracasos en la adhesión dentaria

Los materiales de restauración han sido optimizados a lo largo de las décadas, pero han dado un salto exponencial con el desarrollo de la adhesión como técnica de restauración dentaria. Es así como la adhesión al esmalte parece haber alcanzado un grado de desarrollo cercano al óptimo; mientras que la adhesión a tejidos dentinarios o cementarios parecen tener resultados aún no totalmente predecibles y con alto grado de fracaso. (Pignata, 2015) Las causas de este fracaso podrían deberse a muchos factores tanto, del elemento dentario (presencia de imperfecciones en zonas cercanas a los márgenes cavitarios, presencia de periquematías, zonas de hipocalcificaciones, contenido acuoso variable de la dentina) como factores asociados al operador y factores asociados a los pacientes. (Sarret, 2005) Como resultado del accionar de estos factores, se podrían producir filtraciones en alguno de los márgenes cavitarios que, a largo plazo, significaría el fracaso de la restauración, ya que se reiniciaría el proceso carioso. Es por ello, sumamente importante logra restauraciones selladas y que ese sellado se mantenga en el tiempo.

Se han propuesto numerosas hipótesis para explicar las causas de estas filtraciones: degradación enzimática, hidrólisis, factores químicos y físicos entre muchos otros. Los diseños de los estudios de investigación in vitro, aún

no han podido simular toda la compleja situación que se da en el ambiente bucal (variaciones térmicas que son diferentes dependiendo del sector de la boca evaluado, pH fluctuante, acción buffer de la saliva, humedad ambiente, acción mecánica de presión o rozamiento de los tejidos bucales y de los alimentos) solo para citar pocos ejemplos, por lo que manifiestan una desventaja entre lo demostrado en los estudios con lo relevado en la clínica. (Amaral , 2007)

Entre las causas de fracaso de las restauraciones dentales se ha propuesto las caries recidivantes y las filtraciones marginales entre otras. (Hidalgo Lostaunau, 2008) Si bien es cierto que la contracción de polimerización determina un estrés en la capa de contacto con el elemento dentario, esto daría como resultado una falla que se evidencia rápidamente y no explicaría los fracasos a mediano o largo plazo. Es decir, restauraciones que inmediatamente de terminadas presentan un sellado satisfactorio pero que al cabo de 2-3 o más años de vida clínica comienzan a evidenciar signos de filtración, los que inicialmente se manifiestan con cambios de color en la interfase, pero que al cabo de cierto tiempo producen caries recidivante (Atalay , 2019). Esto obliga a pensar que la causa de dicha filtración no estaría presente en los momentos iniciales de la restauración, sino que debería estar accionando durante el desempeño del material en condiciones bucales. Los diseños experimentales proponen distintas intervenciones que demuestren aumentar o disminuir la filtración marginal evidenciándola mediante el uso de colorantes capaces de penetrar en la interface entre el material restaurador y el elemento dentario. (Pfeifer , 2006) (Koroushi, 2012) (Sarret, 2005) (Dietschi , 2013)

De las condiciones del medio bucal que influyen en el sellado marginal, las primeras que se identifican son: la humedad, las presiones generadas durante la masticación, el choque de temperatura a los que se ven sometidos los dientes y sus materiales restauradores durante la alimentación humana entre muchas otras. La multiplicidad de factores que intervienen en

condiciones estáticas como dinámicas hace imposible diseñar pruebas de laboratorio que los incluyan a todos.

Tanto los elementos dentarios como los materiales restauradores resinosos presentan un comportamiento de expansión y contracción cuando son sometidos a cambios térmicos los que están determinados por la temperatura a la que son expuestos, como así también a su naturaleza. Los cambios de tamaño de una determinada sustancia están cuantificados por el coeficiente de expansión térmica lineal el que puede definirse como: el aumento de longitud de un cuerpo por cada grado centígrado de aumento de su temperatura. (Craig, 1998) (Van Noort, 2013) Sin embargo, si el cuerpo es una varilla y consideramos el cambio sufrido en longitud tendrá una determinada magnitud, pero si lo que se pretende averiguar es el cambio de tamaño que tendría un determinado cuerpo (por ejemplo una restauración de resina compuesta) deberíamos considerar el coeficiente de expansión volumétrica y este es tres a cuatro veces mayor que el lineal. (Anusavice, 2004)

Los valores de coeficiente de expansión térmica lineal normalmente se expresan como valores exponenciales, es así que el esmalte tiene un valor de 11.4×10^{-6} , la dentina $8,3 \times 10^{-6}$, mientras que las resinas compuestas pueden ir de 25 y hasta 60×10^{-6} . (Anusavice, 2004) Al disminuir la temperatura, la sustancia experimenta una contracción que equivale a la expansión producida por el calentamiento, por consiguiente, la estructura dental y los materiales de restauración del interior de la boca, se expandirán con el calor de los alimentos y las bebidas calientes, pero se contraerán cuando entren en contacto con productos fríos. (Re, 2009)

Se hace evidente que, ante un cambio de la temperatura del ambiente bucal, hecho totalmente frecuente durante la alimentación, tanto la estructura dentaria como las restauraciones dentales tienen un comportamiento muy diferente. Este “juego” de contracción- dilatación (que es tres veces mayor que esos valores anteriormente mencionados, ya que estamos considerando

variaciones volumétricas) realizados indefinidas veces durante un período de tiempo produciría un estrés que es transmitido, en el caso de las restauraciones dentales, a la fina capa híbrida o capa de integración según el sistema usado para realizar la restauración. (Craig, 1998)

Los fabricantes de resinas compuestas han tratado de manejar un equilibrio entre la cantidad de carga inorgánica o de relleno, y la cantidad de sustancia orgánica, siendo esta última la responsable de los cambios volumétricos tan distintos a los del elemento dentario. Se encuentran en una situación donde tienen que diseñar un material que posea: la mayor cantidad de carga inorgánica posible para disminuir la contracción de polimerización, para que desarrolle las mejores propiedades físicas y mejorar así, el desempeño durante la masticación y a su vez que tenga cantidad suficiente de sustancia orgánica que le permita buen pulido, buena polimerización y buenas propiedades estéticas, pero que trae como efecto colaterales los coeficientes de variaciones térmicas tan diferentes a la estructura dental.

La adhesión a esmalte alcanza valores muy altos y tiene un comportamiento más estable a lo largo del tiempo, por lo que sería esperable que el estrés por contracción/dilatación realizada por las restauraciones dentales con márgenes en esmalte, no afecte esta interface de unión. Sin embargo, la situación es totalmente distinta en localizaciones donde la unión restauración – diente se localiza en zonas sin esmalte, como es el caso de paredes cervicales de preparaciones de clase V, II, III o IV. (Soliman, 2016) Es en estas zonas donde empiezan a aparecer los primeros signos de deterioro de las restauraciones con filtración marginal. (Amaral, 2007)

Las simulaciones de laboratorio de las condiciones clínicas son frecuentemente desarrolladas porque los estudios clínicos son costosos y consumen mucho tiempo. El ciclaje térmico es uno de los más usados para representar el envejecimiento que sufren los materiales en el ambiente bucal. (Gale y Darvell, 1999) y hay poca información en la literatura sobre

evaluaciones de las propiedades física y mecánicas de los composites envejecidos. (Ghavami-Kaguhu , 2018)

No existe protocolo de este procedimiento y es necesaria la estandarización del método. Las revisiones han logrado establecer un acuerdo del rango de temperaturas usada en 5° como temperatura menor y de 55° C (con 2° a 5° de desviación estándar) ya que temperaturas superiores podría causar daño en los tejidos blandos. La especificación ISO de 1994 establece el número de ciclos a los que deben someterse los biomateriales en 500 pero varios autores consideran este valor como el número de ciclos que podría desarrollarse en 2 meses de uso clínico. (Amaral, 2007) Tiempo muy escaso para determinar envejecimiento. Si bien no existe consenso estandarizado en cuanto al número de ciclos necesarios para simular un año de uso en boca, a partir de las revisión de Gale en 1999 y confirmada por las de Morresi en 2015, (Morresi , 2015) la mayoría de los diseños adhirieron a usar 10.000 ciclos frío/calor para simular un año de uso en boca. Es así que para esta investigación, se diseñó un plan de trabajo de 30.000 ciclos para simular tres años de envejecimiento clínico y un rango de temperatura de 5°C +/- 2°C de diferencia como temperatura menor y 55°C +/-2°C como temperatura mayor.

Resinas compuestas: composición

La resina compuesta está constituida por una matriz orgánica, un material de relleno generalmente inorgánico y un agente de unión entre estas fases que permite la unión entre las partículas de relleno y la matriz de resina cuya molécula posee grupos silánicos en un extremo (unión iónica con el SiO₂), y grupos metacrilatos en el otro extremo (unión covalente con la resina).

Las partes orgánica y la cerámica constituyen una estructura nucleada: núcleos cerámicos englobados (aglutinados) por la matriz orgánica, siendo la parte orgánica la reactiva químicamente y la parte inorgánica la encargada de aportar principalmente, las propiedades físico-mecánicas al material

dental. Para poder lograr el refuerzo esperado, es fundamental que ambas fases estén adheridas, ya que solo de esta forma serán transferidas las tensiones de una a otra y el comportamiento mecánico que presenten, será el intermedio entre ambas, es decir, entre el de una estructura orgánica y el de una cerámica. (Roque, 2023)

La combinación de las propiedades químicas y físicas de cada uno de los componentes determina el desempeño clínico de los materiales resinosos. En general, las resinas tienen un comportamiento isotrópico es decir que tienen las mismas propiedades en toda la masa sobre todo las propiedades mecánicas y físicas como la transmisión de temperatura, el coeficiente de variación térmica lineal y el volumétrico, entre otras, aunque alguna propiedades físicas como el color dependen de otros factores por lo que su comportamiento no es considerado isotrópico (Craig, 2002)

La parte orgánica está formada por monómeros, que en ese estado son materiales en estado plástico luego de la exposición a un iniciador desencadena una reacción química que transforma el material en una red reticulada tridimensional rígida. Esta misma reacción de polimerización es la responsable de uno de los defectos que tienen estos materiales y que es la contracción de polimerización que en términos generales, va del 1,5 al 5% y que origina tensiones tanto en el material polimerizado como en la interfase diente-restauración. Se han desarrollado técnicas de inserción y manejo de las restauraciones que permiten minimizar o contrarrestar este efecto no deseado. (Macías, 2025)

La parte inorgánica está formada principalmente por partículas de sílice, cuarzo y zirconio cuya función principal es aportar propiedades físico-mecánicas como dureza, resistencia al desgaste, radiopacidad y características ópticas. (Roque, 2023)

Para este estudio de investigación experimental, se seleccionaron dos resinas compuestas. Una nanométrica: la Filtex Z350 XT (3M ESPE. USA) y otra

nanohíbrida la Spectra Smart (Dentply Sirona. Brasil). Ambas resinas cuentan con aprobación del A.N.M.A.T. Argentina (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica), y son de amplia distribución y uso en el mercado nacional.

La composición de la resina Filtek Z350 XT está formada por bis-GMA, UDMA que son monómeros de alto peso molecular y aportan alta viscosidad a la resina compuesta. El UDMA por su parte, provee alta resistencia a la flexión, módulo elástico y dureza, además de una buena conversión de monómeros.

Los fabricantes adicionan TEGDMA y bis-EMA que al tener menor peso molecular, mejorar la consistencia del producto facilitando su manejo y se asocia con una baja contracción de polimerización, al tener menos uniones dobles por unidades de peso son más hidrofóbicos lo que disminuye su sensibilidad a alteraciones por la humedad. (Rodríguez, 2008)

En cuanto al relleno utilizado es una combinación de sílice, zirconia y un clúster de zirconia/sílice con tamaño de partículas de 4 a 20 nanómetros. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 63,3% en volumen (78,5% en peso).

El otro material utilizado fue resina compuesta Spectra Smart con una composición de sustancias orgánicas formadas por monómeros de Bis-GMA modificado con uretanos, estos además de ofrecer ventajas como alta resistencia a la flexión y dureza, aportan buena conversión de monómeros, según ficha técnica del material. También tienen Bisfenol A, dimetacrilato etoxilado, Dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) como resinas de bajo peso molecular para mejorar las características de manipulación y con un relleno inorgánico de vidrio de bario-aluminio borosilicato (BABG) y bariomaluminio fluoroborosilicato (BAFG), silicato en forma de nanopartículas de dióxido de silicio con un tamaño de partículas de 0,02 a 3 micrómetros. Con un porcentaje de relleno en volumen del 58% (75-77% en peso).

Las propiedades óptimas del material, dependen de una unión fuerte entre el relleno y la matriz orgánica. La superficie de los materiales inorgánicos de relleno por su naturaleza, tienden a absorber agua en su superficie y a veces tiene varias capas de moléculas de agua de espesor, esta capa no puede ser eliminada durante los procesos de fabricación de las resinas compuestas. La superficie de los cristales de relleno al no poder ser mojada por la sustancia orgánica da una unión pobre o nula entre las partículas inorgánicas y la resina orgánica. Esto se mejora recubriendo las partículas del relleno con un agente bifuncional que tiene grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro, llamado Silano. (Matinlinna J, 2018)

Este agente de acople desplaza el agua de la superficie de los cristales inorgánicos y logra una unión química muy estable, más que la que tenía el agua y el cristal. Por otro lado, tiene la posibilidad de unirse químicamente con los radicales de la resina orgánica y una vez establecida estas uniones son más resistentes a ser hidrolizadas. Cuando la estructura del agente de acople es corta da como resultados uniones muy fuertes. Pero las tensiones generadas durante la contracción de polimerización o por el coeficiente de deformación térmica lineal o volumétrica podría generar rupturas del agente de acople. Para solucionar este problema podría ser necesario usar agentes de acople con cadenas más largas que aseguren flexibilidad ante las tensiones generadas. Los dos agentes de unión usadas como agentes de acoples son: el gamma- methacriloxi- propyltriethoxysilano y el gamma- mercaptopropyltrimethoxysilano. (Van Noort R, 2013)

Este compuesto es capaz de mantener fuertemente unidas las partículas del relleno con las de la matriz y transferir las tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa) a la fase más rígida (partículas de relleno), lo que a su vez confiere resistencia adhesiva y longevidad a la restauración.

La composición en general de todas las resinas compuesta se completa con el agregado de una sustancia capaz de iniciar el proceso de fotopolimerización que en general es la canforoquinona, pero también puede usarse fotoiniciadores alternativos como la fenil propanodiona o iniciadores basados en germanio como el ivocerin. Estas sustancia se activan cuando son alcanzadas por un espectro de luz que van desde los 468-470 Nm para la canforoquinona o longitudes de onda menores a los 425 Nm para las otras sustancias. (Macchi, 2006)

Dentro también de la fase orgánica se encuentran sustancias para estabilizar el producto, así también como diluyentes e inhibidores de la fotopolimerización, pigmentos, opacificadores y sustancias radiopacas para favorecer el control radiográfico de las restauraciones.

Los composites que contienen principalmente oligómeros de bisfenol A, metacrilato de glicidilo (Bis-GMA), pueden presentar mayor hidrofiliidad y mayor sorción de agua que aquellos que contienen principalmente dimetacrilato de uretano (UDMA). La adición de una pequeña cantidad de dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) a una matriz de resina a base de Bis-GMA puede aumentar significativamente la sorción de agua del material compuesto. El TEGDMA contiene un grupo etoxi central repetitivo que presenta una alta afinidad con la molécula de agua mediante enlaces de hidrógeno con el oxígeno, lo que resulta en una mayor hidrofiliidad superficial de los materiales compuestos. Las resinas compuestas con alta sorción de agua e hidrofiliidad son más susceptibles a la decoloración, ya que los colorantes probablemente se absorban con el agua en las matrices de resina. (Jaiswal, 2020)

Por otro lado, la mayor sorción acuosa de una resina envejecida, disminuye también la microdureza y afecta negativamente todos los fenómenos que intervienen para mantener adherida la restauración al elemento dentario. (Zaracho, 2017)

La evidencia científica sobre el comportamiento físico-mecánico y óptico a largo plazo de los materiales resinosos bajo condiciones simuladas de envejecimiento intraoral sigue siendo limitada. Las condiciones relacionadas con el envejecimiento, como la plastificación inducida por la absorción de agua y el ciclaje térmico, se consideran mecanismos críticos que influyen en la integridad superficial, el rendimiento mecánico y la estabilidad óptica de los material durante su uso clínico. (Ates G, 2026)

El diseño industrial de una resina compuesta es un desafío ya que se debe maximizar la carga de relleno para mejorar la estabilidad dimensional y la resistencia a la degradación por agua. A su vez esta estrategia, no puede comprometer la viscosidad del material ni sus características de manipulación clínica. De este diseño surgen las propiedades de cada tipo de resina y sus ventajas y desventajas.

Propiedades térmicas de las resinas compuestas

Cuando un material es calentado, la energía extra absorbida causa que los átomos o moléculas que componen dicho material vibren a mayor amplitud. La amplitud de este movimiento está regidas por la uniones que existen entre los átomos; cuando hay uniones débiles entre los átomos la amplitud del movimiento es grande, por el contrario cuando una unión es fuerte la amplitud del movimiento de los átomo es baja, lo que ocurre con materiales como los metales o las cerámicas. Los polímeros se caracterizan por tener enlaces fuertes en el interior de cada una de las cadenas poliméricas pero débiles entre las cadenas. Por lo tanto, la vibración de los átomos de carbono dentro de la cadena de polímeros está restringida en las direcciones paralelas al eje largo de la cadena, pero los átomos son libres de vibrar en las dos direcciones perpendiculares al eje largo de la cadena de polímeros. (Anusavice, 2013) Como resultado, cuando se calienta un metal las uniones entre los átomos son fuertes por lo que la distancia interatómica no aumenta en gran medida y el tamaño de ese elemento no se modifica. Por el contrario, cuando se

calienta un polímero, las cadenas se separan más para permitir la vibración de mayor amplitud, que ocurre perpendicularmente a los ejes largos de las cadenas de polímeros y esto da como resultado un aumento de su tamaño. (O'Brien, 2002)

Esta expansión es medible y se conoce con el nombre de **Coefficiente de expansión térmica lineal** es la medida de cambio de longitud de un material por cada grado centígrado de aumento de temperatura, generalmente se expresa como valores exponenciales por ejemplo 22×10^{-6} . Aunque también, se puede usar la notación partes por millón por cada grado centígrado ($\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$). Es importante considerar que las restauraciones dentales son un cuerpo que tiene volumen por lo que la expansión térmica a considerar no es la lineal sino la volumétrica. Por lo que los valores de coeficiente de expansión son de 3 a 4 veces mayores que los lineales. (Craig, 1998) (Anusavice, 2004)

El coeficiente también depende de la composición de las resinas, es así que las resinas convencionales o híbridas tienen coeficientes de 30×10^{-6} pudiendo llegar en el caso de las microrellenas a $60-75 \times 10^{-6}$. (Re, 2009)

En un material ideal este debería ser idéntico al de la estructura dental. Lo cierto es que el coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentales es mucho menor que la de las resinas compuestas. El esmalte tiene un coeficiente de $11,4 \times 10^{-6} ^{\circ}\text{C}$. la dentina de $8,3 \times 10^{-6} ^{\circ}\text{C}$. y materiales como las resinas compuestas 14 a $60 \times 10^{-6} ^{\circ}\text{C}$. aproximadamente. (Anusavice, 2004)

La expansión o contracción la presenta principalmente la sustancia orgánica del material resinoso, cuanto mayor cantidad de sustancia orgánica tenga un producto más susceptible será a las variaciones térmicas, por otra parte, durante los cambios cíclicos de temperatura, las diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre los rellenos y la matriz de resina en los composites pueden generar tensiones interfaciales que podrían romper las moléculas de silano que mantienen ambas faces unidas. Esto influiría en

las propiedades mecánicas como la microdureza y también en las propiedades ópticas de las restauraciones, a su vez estas se encuentran sumergidas en un medio acuoso que es el responsable de la sorción acuosa (adsorción y absorción) lo cual acelera el proceso de lixiviación de las cadenas monoméricas y de los enlaces rotos. (Tsujimoto, 2018)

Incluso en los casos en que el composite está adecuadamente adherido al tejido dental, la continua expansión y contracción térmica generan un estrés repetitivo en la interfaz adhesiva que puede provocar fatiga y eventual falla del enlace adhesivo. La incompatibilidad del coeficiente de expansión térmica entre la restauración (tres veces mayor como mínimo) y la estructura dental crea un estrés dinámico en la interfaz, que, aunque no conduzca inmediatamente a una brecha visible, contribuye a la degradación a largo plazo y a la eventual falla del enlace adhesivo. Esto explica por qué la microfiltración y la caries secundaria pueden desarrollarse años después de una restauración inicialmente exitosa. (Barbosa de Souza, 2009)

Las tensiones generadas por los cambios de temperatura podrían dar lugar a la formación de gap marginales, o a la pérdida de la adhesión a la estructura dental. Dando paso al fenómeno de la percolación, es decir, la infiltración cíclica y expulsión de los líquidos biológicos en la interfaz. Y este fenómeno podría ser evidenciado cuando sometemos a las restauraciones de resinas compuesta a inmersión de sustancias colorantes como el azul de metileno, cuya molécula es de pequeño tamaño y puede infiltrarse en los gap o directamente por la interface cuando se ha dañado el sellado marginal. La cuantificación de la penetración podría dar una idea de la pérdida o no de la adhesión de la resina compuesta. (Dennison, 2012)

La evaluación del éxito y desempeño de los materiales odontológicos indudablemente son por medio de estudios clínicos bien estandarizados. Desafortunadamente son costosos, para obtener resultados significativos se necesita mucho tiempo, hay deserciones impredecibles de pacientes y es casi

imposible estandarizar todos los factores que pueden afectar el desempeño de las restauraciones dentales. Es por ello que es ampliamente utilizado el almacenaje en agua y el ciclaje térmico para simular el envejecimiento acelerado de los materiales dentales. Los efectos del envejecimiento son de amplio alcance, pero típicamente incluyen la lixiviación de componentes no reaccionados y la degradación de la red polimérica (Blumer, 2015) esto podría verse reflejado en las propiedades físicas y mecánicas de las restauraciones dentales. En este estudio se utilizó el ciclaje térmico como medio de envejecimiento in vitro de las restauraciones.

Color de las resinas compuestas

Las resinas compuestas tienen una alta demanda en el área de la operatoria dental, debido a su capacidad para imitar el color de nuestros elementos dentarios. Las exigencias del hombre moderno hacen que el color de nuestras resinas compuesta sea una propiedad relevante. Lo que obliga al profesional a tener un buen manejo de los colores que presentan estos como material de restauración, así como también, conocer los avances en los métodos adhesivos y las últimas presentaciones de las resinas que se lanzan al mercado odontológico.

La percepción del color de un determinado objeto o material está influenciada por diferentes factores, entre ellos la luz incidente, la composición química de dicho objeto, la capacidad de reflejar, refractar o absorber dichas ondas lumínicas, y la recepción de las ondas emitidas por el objeto en cuestión. De la inferencia de todos estos datos un observador determinado “ve” un objeto y lo percibe con un color. (Lanata, 2011)

Cuando las restauraciones están en el medio bucal por un periodo relativamente prolongado, se encuentran afectadas por numerosos factores que alteran su color, factores tanto extrínsecos (asentamiento de biofilm, absorción de pigmentos y cromóforos de los alimentos y bebidas, cambios

térmicos del ambiente bucal), y también por factores intrínsecos como son las alteraciones químicas como la lixiviación de monómeros sin reaccionar por hidrólisis o fotoiniciadores no activados durante la polimerización, la hidrofiliidad de la matriz resinosa entre otros. (Uctasli , 2023)

De esto podemos deducir que cualquier fenómeno que modifique la composición de un determinado objeto, como podría ser el envejecimiento térmico; podría también, modificar su comportamiento con respecto a las ondas lumínicas. Como la percepción de un color es un fenómeno fuertemente subjetivo, la comunidad científica adhirió en aceptar las pautas de la Comisión Internacional de Iluminación, organización europea que ha creado estándares para iluminación, ciencia y diversas aplicaciones de la luz. La que ha propuesto un sistema objetivo de determinación del color donde cada color está representado en un espacio tridimensional de tres ejes, el L, el a y el b llamado sistema CIELAB. (Maravankin , 2008)

Al utilizar este sistema, cualquier color tiene una ubicación en el gráfico de representación de tres ejes. Si a una muestra de un material determinado se le toma el color con este sistema triestímulo y posteriormente se lo somete a envejecimiento térmico este procedimiento podría modificar el color final de la muestra, la diferencia entre estos dos valores (lectura inicial y la lectura final) puede verificar el cambio de color por una causa dada.

Diversos estudios han demostrado que la estabilidad del color de los composites puede verse influenciada por diversos factores extrínsecos, como la intensidad y la duración de la polimerización, la exposición a factores ambientales, como la radiación ambiental y ultra violeta, el calor, el agua o los colorantes alimentarios. (Gabardo-Perez, 2026) Además, la estabilidad del color también se ve afectada por factores intrínsecos, como la composición de la matriz de resina, la carga de relleno y la distribución del tamaño de partícula, el tipo de fotoiniciador y el porcentaje de enlaces C=C restantes sin

polimerizar. Este último se considera un parámetro fundamental que influye en diversas propiedades mecánicas, químicas y biológicas (Sarafianou, 2007)

Tanto esta propiedad, el color, como otras de las resinas compuestas presentan una estabilidad incierta a lo largo del tiempo. (Yan-Fang R, 2012) La tinción o la decoloración de las restauraciones son una de las principales razones de reemplazo, (Lanata, 2022) la decoloración se producen por procesos de envejecimiento en el entorno bucal (Didem , 2016) debidos a cambios mecánicos, químicos y térmicos como el que se da por el contraste entre distintas temperaturas de los alimentos y bebidas. (Abanto-Vazquez, 2025)

Los alimentos y bebidas cromógenas conforman los factores exógenos, pero también alteran el color de las resinas los factores endógenos o intrínsecos, dentro de este grupo hay una variedad de fenómenos que ocurren en el interior de la masa de la resina y que producen cambios químicos que alteran las propiedades de reflexión de las restauraciones y lógicamente el color percibido de las mismas, ya que el efecto cromático de un objeto o material depende de: la composición espectral de la luz, de las propiedades físicas y químicas del objeto y de la sensibilidad del aparato visual del observador.

Una resina compuesta puede definirse como un material trifásico, formado por sustancia inorgánica, orgánica y un agente de enlace. (Macchi, 2006) Las propiedades de cada fase se complementan entre sí para formar un material mejorado. (Van Noort, 2013) La reacción de fotopolimerización es iniciada por una reacción química producida por la canforoquinona junto con una amina alifática cuando es alcanzada por un rango determinado de luz. Este proceso inicia una reacción en cadena que transforma los monómeros en polímeros y la resina cambia de estado a sólido. El remanente de canforoquinona y aminas alifáticas que no participaron en la reacción se han propuesto como uno de los responsables del cambio de color al amarillo de las restauraciones. Los remanentes de monómeros que no se transformaron en polímeros son

susceptibles de ser hidrolizados por los fenómenos de sorción acuosa, fenómeno que también se ve favorecido por el coeficiente de variación térmica. (Jaiswal, 2020)

El color es una propiedad muy valorada de las resinas compuestas y depende de numerosos factores, (Mayekar, 2012) es un concepto complejo, por ser una sensación que percibe el observador y una característica de las ondas electromagnéticas que refleja el objeto. (Cristiani, 2016) Al ser una radiación electromagnética reflejada por un objeto, captada por el ojo humano e interpretada por el sistema nervioso para configurarse en un color, tiene un alto porcentaje de subjetividad. Esto hace necesario que las mediciones de color alcancen un grado de objetividad que permita la repetición del mismo para, desarrollar resinas compuestas de un color determinado, por ejemplo, o valorar el grado de deterioro que sufre a lo largo del tiempo.

El sistema CIE L a b, es el método que se usa para representar el color. La Comisión Internacional de L'Éclairage (la Comisión Internacional de Iluminación usualmente conocida como CIE por las iniciales de su designación en francés) es reconocida como la principal autoridad internacional en el campo de la luz y la iluminación.

Este sistema dimensiona cada color con tres parámetros: la luminosidad, que se ubica en el eje L^* es la medida de luz de un color cuantificado en una escala de 0 a 100, siendo el valor 0 equivalente al negro y el 100 el equivalente al blanco, por lo tanto, cuanto mayor es el valor de L^* , más luminoso es el color. A los otros ejes de este sistema se los denomina a^* y b^* y representan la variación del matiz. (Imagen 1) El eje a^* es la medida del matiz rojizo-verdoso que puede tener un color determinado, cuando los valores son a^* positivos el color tendrá mayor componente rojizo y cuando son a^* negativos tendrá matices verdosos. Mientras que el eje b^* es la variación de amarillento-azulado. Cuando son b^* positivos tiene matices amarillentos o matices azulados cuando son b^* negativos. Ambos ejes, a^* y b^* oscilan entre +120 a -

120 respectivamente. La aplicación de este sistema logra eliminar el componente subjetivo de medición del color. (Polo, 2013)

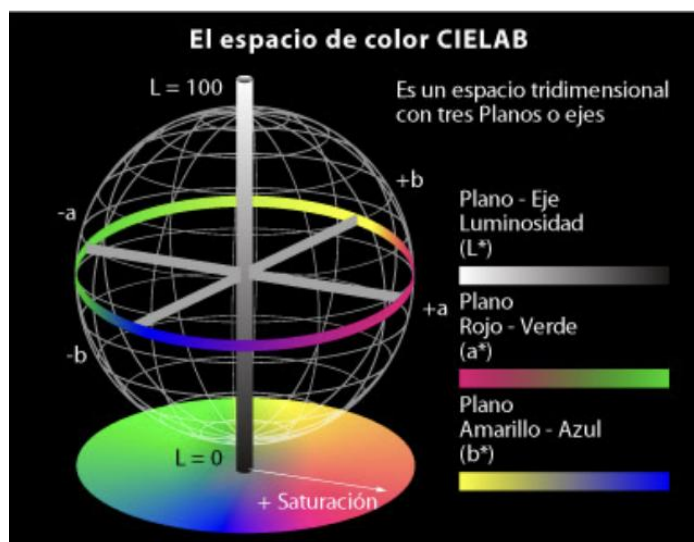


Imagen 1: Representación del espacio del color CIE Lab

Cuando se necesita comparar un color inicial y otro final se aplica la fórmula de diferencial de color o delta E (ΔE) que define la diferencia ,visual y/o medible, entre el color obtenido con respecto al color de referencia y se indica como la distancia entre las coordenadas del color obtenido y las coordenadas del color de referencia. La fórmula matemática es: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ y sirve para determinar las variaciones que ha sufrido un color en los distintos ejes (L, a y b). (Lopes, 2019) El ΔE es la diferencia encontrada en los ejes L, a y b de las lectura iniciales y finales. La interpretación de este valor difiere en los distintos autores y no hay estandarización de criterios para evaluar el cambio obtenido (Khashayar, 2014) (Didem , 2016) La Oficina Nacional de Estandarización (NBS por sus siglas en inglés, National Bureau of Standards) basándose en los criterios establecidos para color de la CIE. (L'Éclairage, 2020) Determina una escala o criterio para estandarizar los cambios. Los que pueden apreciarse en la tabla 1.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

ΔE	Criterios NBS
0–0,5	Trazas: Alteración notablemente leve
0,5–1,5	Leve: ligera alteración
1,5–3	Notable: alteración observable
3–6	Apreciable: alteración aparente
6–12	Mucho: Alteración notablemente aparente
12 o más	Muy alto: alteración a otro color

Tabla 1 Criterios NBS de la Oficina Nacional de Estandarización

Por otro lado, la norma ISO 4049 para las resinas compuestas del año 2009 establece como aceptable una leve alteración de color para las resinas compuesta, es decir que el cambio de color experimentado por un determinado material debería estar en un valor entre 0,5 y 1,5.

La evaluación visual es la forma más usada para juzgar el color y las diferencias entre dos elementos en odontología. (Paravina, 2019)

Los investigadores se preocuparon por establecer hasta qué punto los humanos podemos reconocer o percibir si existen diferencias entre dos colores. Un instrumento de evaluación es el umbral de perceptibilidad y otro el de aceptabilidad (PT y AT por sus siglas en inglés respectivamente). Estos umbrales pueden servir como instrumentos de control de calidad para guiar la selección de materiales dentales, evaluar su desempeño clínico o determinar el reemplazo de una restauración. Consisten en someter pares de colores diferentes o iguales a la observación de individuos, quienes deben establecer si existen diferencias entre esos colores, determinándose el umbral de percepción cuando el 50% de los observadores fue capaz de percibir cambio en el color de las muestras. El umbral de aceptabilidad se constituye cuando el 50% de los observadores pueden determinar que esa diferencia de color es aceptable o no en una restauración dental. (Paravina, 2015) Como resultado de esta investigación se determinó que el umbral de percepción para determinar que un color es diferente a otro es de ΔE_{ab} igual a 1.22 . Mientras que el umbral de aceptabilidad, es decir el 50% de los observadores opinó que: la diferencia entre dos colores es aceptable en una restauración dental fue con un ΔE_{ab} 2.66. Cuando se comparan estos valores con los de los

criterios NBS podemos decir que con un ΔE de 1.22 corresponden a cambios leves y un valor ΔE de 2.66 corresponderían a cambios notables. Estos criterios son los que se adoptaron para este trabajo de investigación.

Ciclaje térmico y color de las resinas compuestas

Los fluidos bucales, ácidos, sustancias colorantes, cambios bruscos de temperatura entre otros factores accionan sobre las restauraciones dental con resinas compuestas. Este material debido a su naturaleza trifásica, presenta diferentes coeficientes de expansión térmica en cada una de las fases constituyentes, lo que ocasiona tensiones internas altas entre la matriz de resina y las partículas de relleno durante el ciclaje térmico. (Tsujimoto, 2018) Este comportamiento asociado a la presencia de agua y otros fluidos podrían ser los responsables de la degradación de la interface entre el relleno y la matriz orgánica. (Hocking, 2002)

Las bebidas de consumo frecuente como el agua y los refrescos helados, podrían acercarse a una temperatura de 0 °C, mientras que las bebidas calientes como el té, mate y el café pueden superar los 60 °C de temperatura. Dentro del material existen grandes diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre la resina y las partículas de relleno. Estos coeficientes son de aproximadamente $8 \text{ a } 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ para rellenos de vidrio y cerámica, y de $76 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ para resina orgánica. Con el aumento de la temperatura, la partícula de relleno se expandiría menos que la matriz de resina. Con la disminución de la temperatura, la matriz de resina se encogería más que el relleno. Estas diferencias en los coeficientes somete a estrés a las sustancias encargadas de mantener unidas las partículas de relleno con la matriz orgánica. Produciendo rupturas y alterando las propiedades ópticas del material. (Sulaiman, 2020) Esto se ha relacionado también con la capacidad de absorción de agua del material, ya que la distancia entre moléculas de las resinas expandidas por la temperatura dejaría lugar a un aumento de los fenómenos de sorción acuosa lo que podría producir mayor degradación de

la matriz polimérica, mayor difusión del agua en el material y la posterior formación de productos de degradación. (Silva , 2022) todos estos mecanismos están asociado a la pérdida de la estabilidad cromática la que es el resultado de la naturaleza trifásica de este material, cualquier factor que altere esta unión puede alterar su color. (Szczesio-Wlodarczyk , 2020)

Sabemos que el color de un objeto o, en este caso, de las restauraciones dentales es el resultado de la reflexión de ondas electromagnéticas cuando alcanzan la superficie de un objeto, si un factor determinado como es el termoenvejecimiento, modifica la naturaleza química del material producirá un cambio en el color de la restauración dental y ese cambio es medible a través de instrumentos como los espectrofotómetros.

La durabilidad de las resinas compuestas es limitada en el entorno oral. Los mecanismos de degradación clínica no están acabadamente definidos y la interacción de los materiales restauradores con los líquidos y condiciones presentes en la cavidad oral podrían ser los que comandan el proceso de degradación. (Sulaiman, 2020) (Montes, 1986)

Los estudios hechos sobre el desempeño de las resinas, a menudo tienen grandes dificultades para imitar las condiciones sumamente complejas que se desarrollan en la cavidad oral. Fluidos intraorales como la saliva, extraorales como los alimentos y bebidas, cargas oclusales, presencia de ácidos bacterianos, y una extensa lista de factores accionan sobre la integridad del material. Los test in vitro continúan siendo un método indispensable para la investigación de los materiales odontológicos. El ciclaje térmico es uno de los más utilizados, ya que puede simular el envejecimiento fisiológico de los biomateriales en la práctica clínica, (Morresi, 2014) y es usado para evaluar el desempeño de los sistemas adhesivos y de las resinas. (Morresi, 2015) (Nakata, 2007) Si bien no hay un consenso sobre la cantidad de ciclos que pueden desarrollarse durante un año de uso en boca, a partir de los estudios de Gale y colaboradores, (Gale, 1999) los investigadores han adoptado los

valores publicados por el grupo, donde proponen que 10.000 ciclos equivalen a un año de simulación clínica.

Un material resinoso, de una determinada composición, cuando incide sobre él una luz, emite algunas ondas que no son absorbidas, esa radiación es la que puede ser captada por un observador o instrumento de medición de color e interpretada en un valor CIE $L^* a^* b^*$ y se constituirá en el color de ese material. Esa radiación emitida es específica para esa composición, si algún factor altera de alguna manera esa composición química, también será afectada la absorción o reflejo de las ondas electromagnéticas (Rodríguez-Dorgia, 2006) obteniéndose un color diferente.

Además, la permanencia a una temperatura de 60 °C o cercana, podría provocar una mayor polimerización y aumentar el grado de conversión de las resinas. (Weir , 2012) Todos estos cambios, alterarían la naturaleza química de las resinas compuestas, por lo tanto cambiarían el índice de refracción de la luz incidente, dando como resultado cambios en el color de la restauración cuando ha estado expuesta a cambios frecuentes de temperatura. (Dundage, 2025) Pocas investigaciones han analizado los efectos de los ciclos térmicos sobre la degradación del color.

En el diseño de este trabajo de investigación adherimos a las conclusiones Morresi y utilizamos 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos para simular uno, dos y tres años de uso clínico.

Microdureza de los materiales resinosos

A menudo en odontología es necesario conocer ciertas características superficiales de los materiales usados, por ejemplos la mayor o menor dificultad con que puede ser dañada o desgastada.

La dureza es una condición de la superficie de un material determinado, no representa ninguna propiedad de la materia y está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas de cada material. Por lo que no hay definición única o específica de dureza o microdureza. Podría definirse como la resistencia de un material a la penetración o indentación sin presentar una deformación permanente. (Zaracho, 2017) Las pruebas de dureza se incluyen en numerosas especificaciones sobre los materiales dentales de la American Dental Association (ADA) (Anusavice , 2004)

En operatoria dental esta propiedad es sumamente apreciada ya que permite mantener en el tiempo la forma anatómica y el pulido. Los test de evaluación de dureza superficial se basan en la penetración de una figura geométrica (esfera, pirámide, aguja, etc.) sobre la superficie del material a evaluar. El indentador ejerce una fuerza determinada a una velocidad también tabulada. Esto dejará una deformación plástica sobre la superficie del material. La profundidad de la marca dejada indica la dureza del material. En odontología se utilizan varios test para evaluar la dureza de los materiales. Es frecuente utilizar la dureza Knoop y la dureza Vickers. En estas pruebas el elemento indentador es de diamante y tiene forma de pirámide romboidal. Son considerados pruebas no destructivas. Para efectuar las pruebas el indentador está asociado a un microscopio y a un software que procesa la imagen para determinar la profundidad de la muesca (Imagen 2 A y B). En el sistema Knoop de microdureza el indentador es de diamante con forma romboidal donde dos de las aristas son mayores que las otras dos. (Imagen 3)

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

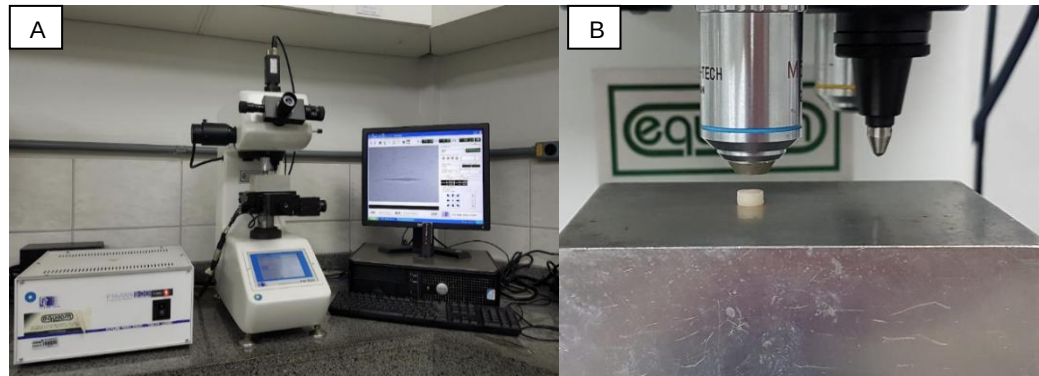


Imagen 2 (A y B) microdurómetro y detalle de la punta del indentador

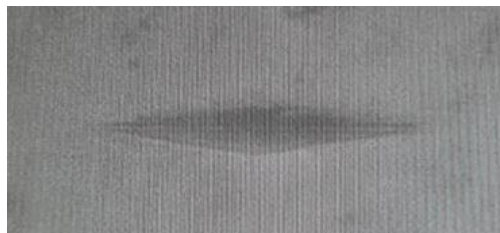


Imagen 3: Indentación del Microdurómetro sobre la superficie de las resinas compuesta.



Imagen 4: Longitud de las diagonales mayores señaladas por dos marcas (verde y roja)

Para el cálculo solo se mide la diagonal mayor debido a que, por la recuperación elástica que se produce, no se altera el resultado apreciablemente en la diagonal mayor como sí lo haría cuando se considera la diagonal menor (Imagen 4) (Macchi , 2004)

El ensayo de dureza Knoop es más sensible a las condiciones de la superficie ya que el penetrador se introduce menos, por lo que es imprescindible que la superficie a investigar tenga lisura superficial considerable o alto pulido. La

diagonal mayor es aproximadamente 3 veces más larga que las diagonales Vickers. Esto minimiza los errores en las lecturas del penetrador Knoop, lo cual es importante cuando se realizan penetraciones pequeñas (con cargas bajas y materiales duros, por ejemplo). El indentador realiza tres muescas en cada muestra y determina el promedio entre las tres que es lo que da como resultado. La fórmula de dureza Knoop (HK *Hardness Knoop* por sus siglas en inglés) es: $HK = F / L^2$ donde se relaciona la fuerza aplicada (F) con el área de la indentación, representada por la diagonal mayor al cuadrado (L^2). Cuanto mayor sea la longitud de la diagonal para la misma fuerza aplicada, menor será la dureza Knoop del material.

El resultado de la dureza Knoop (HK) se expresa en unidades de fuerza por unidad de área, típicamente kgf./mm.² (kilogramos-fuerza por milímetro cuadrado). Para este trabajo de investigación se calibró el Microdurómetro a 25 gramos con una velocidad de 5 segundos.

Los valores de dureza determinados con el método descrito no siempre guardan una relación directa con la capacidad de un material para resistir la abrasión o el desgaste por frotamiento. Se evalúa la dureza para medir el efecto de los tratamientos térmicos. En el caso de esta investigación se seleccionó este método para evaluar el comportamiento de una propiedad de la superficie de las muestras, como es la microdureza cuando son sometida a distintos regímenes de termociclado.

La microdureza de las resinas compuestas depende de varios factores: de la composición química del material, del grado de conversión de los monómeros en la superficie de las muestras, del tipo y cantidad de carga inorgánica que posee el material investigado, la mayor o menor sorción acuosa del material. En este trabajo se estandarizó la exposición a la luz de fotocurado de cada capa de resina, para descartar errores en la cantidad de monómeros convertidos a polímeros que podrían hacer variar la dureza del material.

Filtración marginal

La micro filtración coronal es el ingreso indetectable clínicamente, de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre la brecha diente/restauración a lo largo de cualquier interface en la superficie dentaria. (Herrera-Raya, 2018)

El sellado de las restauraciones dentales que constituye uno de los objetivos de los tratamientos odontológicos, ha sido tratado, estudiado e investigado desde los inicios de la adhesión. En la actualidad, gracias a esta permanente mejora de las investigaciones, se ha logrado desarrollar sistemas y técnicas adhesivas que han superado la tracción ejercida por la contracción de polimerización. Pero la comunidad científica concuerda que la filtración marginal todavía constituye una desventaja importante y se produce por numerosos mecanismos.

La falta de impregnación por parte del sistema adhesivo de la capa desmineralizada determina varios fenómenos que dan inicio al deterioro de este sellado. Las fibras colágenas desmineralizadas, que no han sido impregnadas durante la técnica adhesiva, por acción de enzimas colagenasas activadas son rápidamente desnaturalizadas perdiendo de esta manera el anclaje de la capa híbrida a la dentina. La persistencia de agua en la capa de dentina desmineralizada y sin impregnar produce inhibición del proceso de polimerización de las sustancias orgánicas de los sistemas adhesivos y facilita la degradación hidrolítica de los monómeros, por citar solo unos pocos ejemplos. La estabilidad de las restauraciones adhesiva en el entorno oral es altamente dependiente de la estructura química de los monómeros usados en los sistemas adhesivos y los materiales restauradores. (Pinna y Usai, 2017)

La filtración marginal se incrementa a medida que se aumenta la permanencia en el entorno bucal, debido a numerosos factores, pero donde la fatiga térmica juegan un papel predominante. (Dutra, 2023) por otro lado, fenómenos de adsorción y absorción producen hidrólisis de las cadenas

poliméricas donde se rompen las uniones covalentes entre los polímeros por la adición del agua. Y esta sorción acuosa es mayor en las resinas hidrofílicas que en las hidrofóbicas. (Breschi, 2007) Sustancias estas, que se encuentran en los sistemas adhesivos dentales y son muy susceptibles a los fenómenos de degradación hidrolítica.

Los investigadores y clínicos comenzaron a combinar técnicas y protocolos para obtener mejores resultados, es así que surge la técnica de grabado selectivo del esmalte donde se utiliza el ácido fosfórico en los márgenes de esmalte junto con la técnica de autograbado para mejorar la unión al esmalte y el sellado marginal de las preparaciones dentales. (Castro Fuentes, 2018)

El fallo adhesivo de la capa de integración y la capa híbrida producido por la hidrólisis de las cadenas de polímero, produce permeabilidad en la interface que si lo asociamos al estrés térmico donde la restauración puede contraerse cuando se consumen alimentos fríos o dilatarse cuando son calientes, y esa contracción es mucho mayor que la del esmalte o la dentina, tendríamos alguna explicación de las fallas más frecuentes que ocurren a largo plazo en nuestras restauraciones: la filtración marginal y la pigmentación de los márgenes con la aparición de caries secundaria.

Los estudios de seguimiento clínico de las restauraciones, ya sean prospectivos como de cohorte no han logrado determinar si el envejecimiento por termociclado afecta o no la interface. Ya que en una situación clínica hay muchos factores involucrados, no solamente la temperatura. Esto es debido al gran número de variables que están en juego durante el desempeño de las restauraciones en boca (Gale y Darvell , 1999) (Morresi , 2015) Si bien los diseños experimentales no pueden simular todas las variables que accionan durante el uso clínico, es relevante estudiar la influencia del estrés térmico sobre la filtración marginal que se podrían ocasionar por estrés de contracción/dilatación en la zona de interface. Autores como Molina Pulé (Molina Pulé, 2015) entre otros, concuerdan que el termoenvejecimiento es la

forma más conveniente de medir la microfiltración, sobre todo en simulaciones equivalente al ciclaje que se produciría a largo plazo.

Cabe destacar que en condiciones clínicas es a partir de los 2 o 3 años de desempeño clínico cuando las restauraciones comienzan a evidenciar signos de filtración marginal. (Hickel , 2023) o cambios de color.

Esta situación se hace más notoria en los márgenes de las preparaciones que no tienen esmalte o está presente en espesores muy delgados como las cavidades con terminaciones cercanas o por debajo de la unión esmalte-cemento donde el 80 al 90% de esas filtraciones se ubican en el margen gingival para preparaciones de clase II, III, IV o V. (Ferracane , 2016) Considerando el coeficiente térmico lineal y el volumétrico tan diferente entre los materiales restauradores resinosos y los tejidos dentales, es lógico pensar que, cuando son sometidos a estrés térmico, el comportamiento de estos elementos produciría alguna falla en el sellado marginal de las restauraciones.

En los trabajos publicados evaluando la incidencia de los ciclajes térmicos sobre la filtración marginal de las restauraciones dentarias con resinas compuestas in vitro, han sometido las mismas a una dispersión de ciclos que no son similares a los producidos en los períodos en los que se observan filtraciones en la evaluación clínica. Por ello, a los efectos de evaluar la influencia de los ciclos térmico sobre la interface restauración-tejidos dentarios el presente estudio sometió las muestras de restauraciones dentarias realizadas con dos tipos de resinas compuestas diferentes, a ciclos térmicos equivalentes a los producidos en 1, 2 y 3 años en boca (10.000, 20.000 y 30.000 ciclos frío/calor). El estrés que generaría los cambios de temperatura sobre los elementos dentarios, así como sobre las resinas compuestas podría presentar cambios en el sellado lo que se evidenciaría con pruebas para verificar el sellado marginal.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Este planteamiento deja expuestas las bases que trabajaremos en este trabajo de investigación.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

CAPÍTULO 3

HIPÓTESIS

Para esta tesis se planteó la siguiente hipótesis:

El ciclaje térmico bucal al que están sometidas las obturaciones con resinas compuestas, modifica la dureza Knoop y el color de las mismas e influye en la filtración de la interface diente restauración.

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar la influencia del ciclaje térmico en la microdureza de dos resinas compuestas diferentes.

Evaluar la influencia del ciclaje térmico sobre el color de dos resinas compuestas diferentes.

Evaluar la filtración marginal causada por la acción de estrés térmico sobre la interface restauración-tejido dentario de dos resinas compuestas diferentes.

Objetivos específicos

Medir el grado de variación de color en muestras sometidas a envejecimiento térmico de dos resinas compuestas diferentes.

Medir la variación de la microdureza en muestras de dos resinas compuestas diferentes sometidas a envejecimiento térmico.

Cuantificar la filtración marginal post- ciclaje térmico en preparaciones cervicales de dos resinas compuestas diferentes.

CAPÍTULO 4

Materiales y método

El diseño metodológico fue observacional descriptivo con ensayos in vitro, con un diseño experimental clásico. Se diseñaron 3 grupos experimentales el grupo control, el de 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos. El N muestral fue 296. Surgió de la propuesta de análisis estadístico y la estratificación metodológica del presente estudio.

Se usaron dos tipos de resinas compuesta: Filtex Z350 XT de 3M ESPE y Spectra Smart de Denstply Sirona. Se confeccionaron 60 discos, de cada resina para el estudio de microdureza y estabilidad del color.

Se practicaron 88 restauraciones cervicales para el estudio de la filtración marginal de ambas resinas.

Se seleccionó: una resina de nanorelleno como Filtex Z350 XT de 3M ESPE, y otra nanohíbrida, Spectra Smart de Denstply Sirona. El criterio para la elección fue que las mismas son de amplio empleo en la comunidad odontológica y se basan en literatura científica relevante. Ambas son adecuadas para abordar su estudio y facilitar la réplica del mismo.

El proyecto de investigación y el diseño metodológico del presente estudio fue puesto a consideración del Comité de Ética de la investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, quien aprobó el proyecto y el diseño experimental.

Los elementos dentarios utilizados en esta investigación provinieron de un banco de dientes con protocolo aprobado por el comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas. Fueron elementos dentarios extraídos por razones ortodónticas o periodontales. En relación al tratamiento y disposición final de los desechos biológicos serán descartados juntos con los residuos patológicos de la Facultad de Odontología UNCuyo a través de los medios que arbitre esta casa de estudios.

Obtención de las muestras

Para el estudio del color y microdureza se confeccionaron moldes de silicona de 6 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor para estandarizar el tamaño de las muestras. 60 se fabricaron con resina Spectra Smart de Dentsply Sirona (grupo I) y 60 con resina Filtek Z350 XT de 3M ESPE (grupo II) . Ambos materiales se compactaron en los moldes de silicona en dos acopios de 1,5 mm. cada uno, donde cada capa se polimerizó 40 segundos siguiendo las indicaciones de los fabricantes. Se colocó una matriz de acetato para polimerizar a través de ella y de esa manera asegurar la mínima distancia posible entre el material restaurador y la fuente de luz. La lámpara de L.E.D. utilizada fue una Radium-Cal de SDI de 2.400 mW. (Imagen 5)



Imagen 5: Lámpara de fotocurado L.E.D. marca Radium-Cal de S.D.I. Potencia 2.400mW.

Las muestras fueron pulidas en ambas superficies con el siguiente protocolo:

- 1) Discos de granulometría 600 de carburo de silicio hasta alcanzar los 3 mm. de espesor.
- 2) Control del grosor con calibre digital marca Starrett (Disponible en el laboratorio de la Facultad de Odontología de la UNESP Brasil) (Imagen 6)
- 3) Discos de 1200 de carburo de silicio durante 30 segundos, en Pulidora Circular POLIPAN 2. (Disponibles en el laboratorio de la Facultad de Odontología de la UNESP Brasil) a 600 rpm durante 30 segundos. (Imagen 7)
- 4) Discos de 2400 durante 60 segundos
- 5) Discos de 4000 por 120 segundos. En pulidora digital marca Struers Tegamin 25 con una velocidad de giro de 300 rpm. (Disponibles en el laboratorio de la Facultad de Odontología de la UNESP Brasil) (Imagen 8)
- 6) Para lograr el pulido las muestras se colocaron en moldes de acero inoxidable con tornillo para fijar la posición de todas las muestras y se calibró la profundidad del soporte a 3 mm para que las muestras quedaran a ese espesor. (Imagen 9 A y B)



Imagen 6: Calibre digital marca Starrett

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro



Imagen 7: Pulidora circular POLIPAN 2

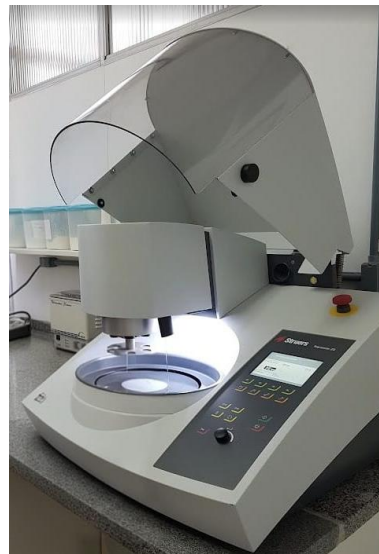


Imagen 8: Pulidora automática marca Struers Tegramin 25 (foto <https://www.struers.com/es-ES/Products/Grinding-and-Polishing/Grinding-and-polishing-equipment/Tegramin>)

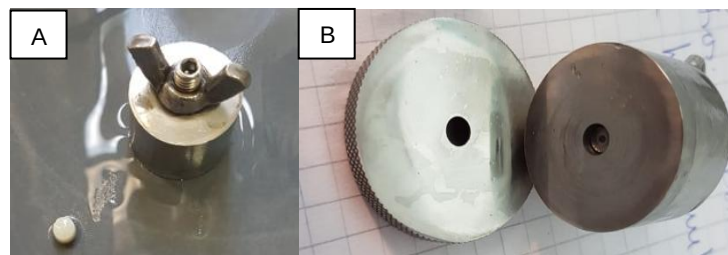


Imagen 9: Soporte para pulido A parte superior B parte inferior (el espacio es regulado por el tornillo con mariposa)

Una vez pulidas todas las muestras de ambos materiales se dividieron aleatoriamente en cuatro subgrupos con $n=15$. También fueron numeradas para su identificación. (Imagen 10)



Imagen 10: muestras numeradas

Tanto el grupo I como el II fueron divididos en cuatro subgrupos, a todos los especímenes se les realizaron las lecturas iniciales de color. Luego a los subgrupos B, C y D (de ambos materiales) se les realizó el siguiente esquema de envejecimiento térmico.

Grupo I Spectra Smart de Dentsply-Sirona

Subgrupo A (muestra 1 a la 15) Sin tratamiento de termociclaje (grupo control)

Subgrupo B (muestra 16 a la 30) 10.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Subgrupo C (muestra 31 a la 45) 20.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Subgrupo D (muestra 46 a la 60) 30.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Grupo II Filtek Z350 XT de 3M ESPE

Subgrupo A (muestra 61 a la 75) Sin tratamiento de termociclaje (grupo control)

Subgrupo B (muestra 76 a la 90) 10.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Subgrupo C (muestra 91 a la 105) 20.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Subgrupo D (muestra 106 a la 120) 30.000 ciclos frío/calor $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30 s. y $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 30s.

Color

Se registraron los valores de color por el Sistema CIE $L^*a^*b^*$ inicial a todas las muestras. Se llevaron a cabo en un espectrofotómetro Konica Minolta modelo CM-2600D asociado a un programa de software el Spectramagic NX (Imagen 11) para almacenar resultados de medición de color y brindar un análisis más detallado del color de una muestra. El espectrofotómetro se calibró con un ángulo de observación de 2° , se incluyó reflexión especular y se calibró con fondo blanco/negro y un área de lectura de 3 mm. e iluminante D65.



Imagen 11: Espectrofotómetro Konica Minolta con Software SPECTRA- MAGIC NX (Japón)

El software realiza tres mediciones y emite un promedio de las tres lecturas como resultado del registro de las muestras, se volcaron los datos en tablas de Excel para el procesamiento estadístico. Obteniéndose los valores iniciales de color.

Se aplica la fórmula $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ a las lecturas de los registros iniciales de color y los registros finales luego del envejecimiento térmico.

Como la variable delta E (ΔE) no sigue una distribución normal el software estadístico utilizado (IBM SPSS v22), automáticamente aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de significación del 5%, $p=0.000<0.05$.

Microdureza

Para este diseño experimental se planificó usar una prueba no destructiva de microdureza Knoop, por lo que se emplearon las mismas muestras que para el estudio de color.

El ensayo se realizó con un microdurómetro marca Futuretech Modelo F.M. 700 con una fuerza de carga de 25 gramos a una velocidad de 5 seg. Este instrumento realiza tres indentaciones en el centro de cada muestra con un espaciamiento lateral de 100 micrómetros entre cada una. (toda la aparatología utilizada estuvo disponible en el laboratorio de la Facultad de Odontología UNESP Brasil)

Una vez realizado el envejecimiento térmico se tomaron las lecturas finales de microdureza a todas las muestras. Ambos registros (iniciales y finales) no siguen una distribución normal por lo que el sistema el software estadístico utilizado (IBM SPSS v22), automáticamente aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de significación del 5%, $p=0.000<0.05$.

Filtración marginal

Se utilizaron elementos dentarios posteriores ex vivos, que coincidieron con los siguientes criterios de inclusión/exclusión

Criterios de inclusión

1. Elementos dentarios posteriores superiores o inferiores, extraídos por razones periodontales y/o ortodóncicas.
2. Elementos dentarios sin caries, lesiones, defectos o cracs.
3. Elementos dentarios sin restauraciones previas.

Criterios de exclusión

1. Elementos dentarios con anomalías histológicas o hipoplasias.
2. Elementos dentarios con restauraciones previas.
3. Elementos dentarios anteriores.

Los elementos se almacenaron en solución de cloramina T al 0.1% a 4 °C hasta el momento de su utilización. Se inspeccionaron con magnificación de 3,5x para evaluar y descartar los elementos que presentaron algún defecto.

La superficie externa se limpió cuidadosamente con piedra pómez y brochas de profilaxis a baja velocidad para eliminar cualquier resto orgánico o tártaro. Posteriormente la superficie se pulió con discos de óxido de aluminio de granulometría decreciente (marca Protefix de TDV) a baja velocidad y con refrigeración acuosa.

Los individuos de la muestra se clasificaron según 2 variables a saber: tipo de resina compuesta y ciclaje térmico.

Grupo I Resina Spectra Smart de Denstply Sirona

- Subgrupo control 0 ciclos
- Subgrupo 10.000 ciclos
- Subgrupo 20.000 ciclos
- Subgrupo 30.000 ciclos

Grupo II Resina Filtek Z350 XT de 3M ESPE

- Subgrupo control 0 ciclos
- Subgrupo 10.000 ciclos
- Subgrupo 20.000 ciclos
- Subgrupo 30.000 ciclos

Técnica de preparación y restauración cavitaria

La preparación de la muestra en el presente estudio implicó la preparación de cavidades de Clase V por tres razones: primero, porque involucra tres estructuras dentales duras: esmalte, dentina y cemento; segundo, porque una cavidad de Clase V simula una situación clínica de mayor estrés debido a un factor C más alto; y tercero, debido a la exposición a diversos fluidos en la región cervical del diente. (Hegde MN, 2012)

Se confeccionaron preparaciones cavitarias de clase V en el tercio cervical de las caras vestibular y palatino/ lingual de cada elemento dentario, realizadas por un único operador. Con una de las paredes, la cervical a 0.5 mm. por debajo del límite amelocementario para asegurar la falta de esmalte en una de las paredes, las preparaciones cavitarias se estandarizaron en 3 mm de ancho, 2 mm. de profundidad y 2 mm de alto. (Hameed, 2015) Las cavidades fueron realizadas con fresas 330 nuevas (marca Jota) a alta velocidad. Se usó una fresa nueva cada 3 preparaciones bajo spray de agua aire con 5 ml. por minuto. Los elementos dentarios tallados se asignaron aleatoriamente en 8 grupos con un n=22 lo que hace un total de 176.

Para la técnica adhesiva fue utilizado el sistema adhesivo Scotchbond Universal 3M ESPE usado con técnica de autograbante en la zona de dentina y con grabado con ácido fosfórico marca Mega etch gel MD al 33%, en zonas de esmalte siguiendo el siguiente diseño experimental:

1. Lavado de todos los elementos dentarios con abundante agua corriente para eliminar restos de la solución de almacenamiento.
2. Secado con jeringa triple

3. Grabado con ácido fosfórico en el margen oclusal (presencia de esmalte) durante 10 segundos.
4. Lavado el doble de tiempo con jeringa triple (agua y aire)
5. Colocación de torunda de algodón en el interior de la preparación dentaria para absorber el exceso de agua y no resecar la superficie de dentina. Secado del resto de los márgenes con jeringa triple.
6. Colocación de la primera capa de sistema adhesivo Scotchbond Universal 3M ESPE con microbrush por frotamiento, durante 30 segundos en toda la superficie de la preparación cavitaria.
7. Secado de la capa de sistema adhesivo con aire libre de humedad para evaporar el solvente hasta que no se registre movimiento en la superficie.
8. Colocación de una segunda capa de sistema adhesivo con microbrush.
9. Secado de la segunda capa de sistema adhesivo con aire libre de humedad para evaporar el solvente hasta que no se registre movimiento en la superficie.
10. Fotopolimerización durante 20 segundos con lámpara L.E.D SDI RADII-CAL.

Posteriormente las muestras fueron divididas aleatoriamente en dos grupos (n=44) y se restauraron con resina Spectra Smart dentina color A2 marca Dentsply. El resto de los elementos dentarios fueron obturados con resina compuesta Filtek Z350 XT color A2 marca 3M ESPE.

Todas las restauraciones de resinas fueron fotocuradas con lámpara L.E.D SDI RADII-CAL. en tres acopios a pico de flauta donde cada acopio se fotocuró durante 40 segundos. Siendo el primer acopio colocado en la pared cervical.

Las restauraciones fueron pulidas con sistemas de discos de desgaste y pulido de granulometría decreciente marca TDV a baja velocidad y con refrigeración acuosa. Las terminaciones de las obturaciones se revisaron con

lupa a 3x para detectar imperfecciones o poros. Descartándose los elementos con restauraciones defectuosas.

Una vez concluida todas las restauraciones, los elementos dentarios fueron almacenados en solución de cloramina T al 0.1% a 4 °C. hasta el momento de realizarles la técnica de termociclado.

Técnica de termociclado

Los ensayos de termociclados se realizaron en una termocicladora marca: Ethik Technology Brasil, disponible en el laboratorio de la Facultad de Odontología UNESP Brasil (Imagen 12)

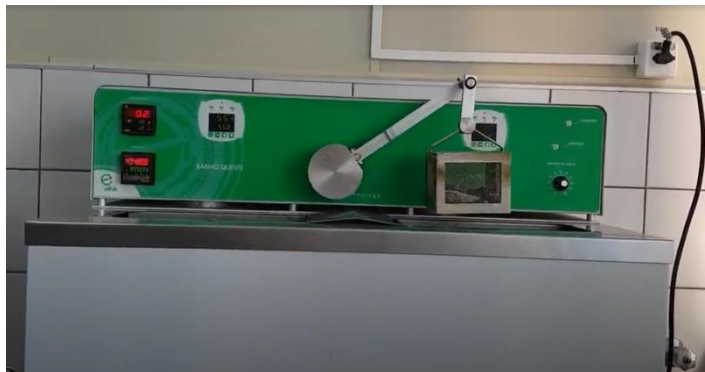


Imagen 12: Termocicladora marca Ethik Technology Brasil.

A las preparaciones restauradas con ambas resinas se les realizará el siguiente régimen de termoenviejecimiento:

- Sin tratamiento de termociclaje (grupo control)
- 10.000 ciclos frío/calor (5°C +/- 2°C 30s y 55°C +/- 2°C 30 s) [Simulación de 1 año de uso clínico]
- 20.000 ciclos frío/calor (5°C +/- 2°C 30s y 55°C +/- 2°C 30 s) [Simulación de 2 años de uso clínico]
- 30.000 ciclos frío/calor (5°C +/- 2°C 30s y 55°C +/- 2°C 30 s) [Simulación de 3 años de uso clínico]

Estudio de la filtración marginal

Todos los especímenes ya restaurados, se incluyeron en bloques de resina acrílica individualmente, dejando libre la zona de la restauración y un área de 3 mm a su alrededor. (Imagen 13) Posteriormente se cubrieron con esmalte acidorresistente (marca Revlon Colorstay gel Envy™) exceptuando la restauración y un área de 2 mm. alrededor de la misma, para aislar toda posible zona de filtración del colorante. Luego fueron sumergidos en azul de metileno 2% durante 12 horas a temperatura ambiente. Concluido el tiempo de inmersión, se le realizaron dos ciclos de lavado en lavadoras ultrasónicas con agua destilada y por último se enjuagaron con agua y brochas de profilaxis a baja velocidad. Una vez eliminado el colorante, Las piezas dentarias así preparadas fueron cortadas en forma paralela al eje mayor, en sentido vestíbulo-lingual, pasando el disco de corte por ambas restauraciones y exponiendo las interfaces oclusales y las cervicales. (Imagen 14) También se seccionó las raíces de los elementos dentarios para facilitar las observaciones en el microscopio y poder visualizar la interface superior (en esmalte) y la inferior (en dentina). (Imagen 16)



Imagen 13: Puede verse los elementos de muestra sumergidos en tacos de resina acrílica

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro



Imagen 14: Detalle de los cortes verticales pasando por el área restaurada

Los cortes se realizaron a baja velocidad con discos de diamante fino y abundante refrigeración acuosa con un torno de mesa (marca Sherline de 7 cm. de volteo y 14 cm entre puntas) adaptado para cortes axiales de tejidos duros disponible en el laboratorio del Instituto Tecnológico Universitario (ITU) de la UNCuyo. (Imagen 15)



Imagen 15: Torno de mesa marca Sherline

Las observaciones fueron realizadas por un solo operador con lupa a 10x; siguiendo las recomendaciones de Araujo y otros autores (Araujo, 2006) (Siso, 2009), (Castro Fuentes, 2018) La que se encuentra disponible en el laboratorio de la Facultad de Odontología Universidad Nacional de Cuyo. Estableciéndose el siguiente criterio según Norma ISO 11405 de la ADA (American Dental Association) (Tabla 2) (Imagen 17)

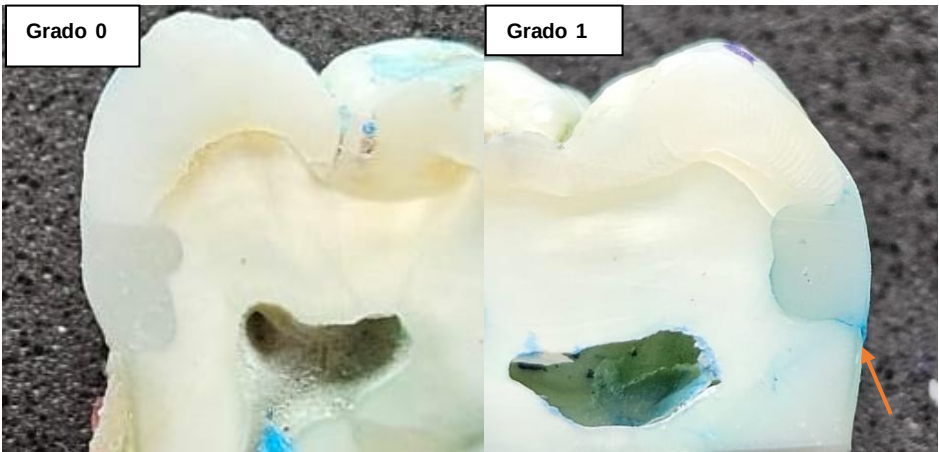
Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

REFERENCIA o GRADO 0= SIN PENETRACIÓN DEL COLORANTE EN LA INTERFACE
REFERENCIA o GRADO 1= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN HASTA EL LIMITE AMELODENTINARIO
REFERENCIA o GRADO 2= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN HASTA LA DENTINA
REFERENCIA o GRADO 3= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN EN LA PARED AXIAL
REFERENCIA o GRADO 4=EVIDENCIA DE PENETRACIÓN EN TODA LA RESTAURACIÓN

Tabla 2: Referencias o grados de penetración del colorante



Imagen 16: Puede observarse una de las muestras y las restauraciones seccionadas



Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

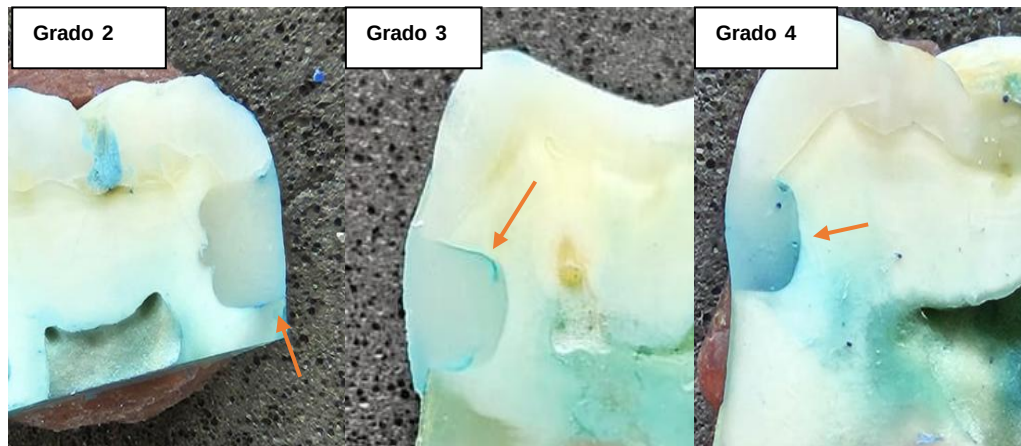


Imagen 17 : Grados de la filtración en los márgenes de las preparaciones

El resultado de las observaciones se tabuló en tablas Excel para el procesamiento estadístico posterior. Se ha utilizado la mediana como representante de los valores de filtración obtenido en las observaciones de la interface de los elementos dentarios. Se utilizó el software estadístico IBM SPSS v22, y se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de significación del 5%, $p=0.000<0.05$.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADISTICO

COLOR

Se aplica la fórmula $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ a las lecturas de los registros iniciales y finales de color siendo estas registradas luego del envejecimiento térmico.

Como la variable delta E (ΔE) no sigue una distribución normal el software estadístico utilizado (IBM SPSS v22), automáticamente aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para la prueba de hipótesis nula.

Material Spectra Smart

Se evaluó si existen o no diferencias en la variable Delta E para los distintos métodos (Grupo control; 10.000; 20.000 y 30.000 ciclos) con el material Spectra Smart. Resultados en la Tabla 3 y Gráfico 1.

	Valores media ΔE	Desviación típica	Error típ. de la media
Grupo Control	.0000	.0000	.0000
Grupo 10.000 ciclos	.6047	.52598	.13581
Grupo 20.000 ciclos	1.0140	1.44601	.37336
Grupo 30.000 ciclos	1.6907	2.22688	.57498

Tabla 3: resultado ΔE del material Spectra Smart

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

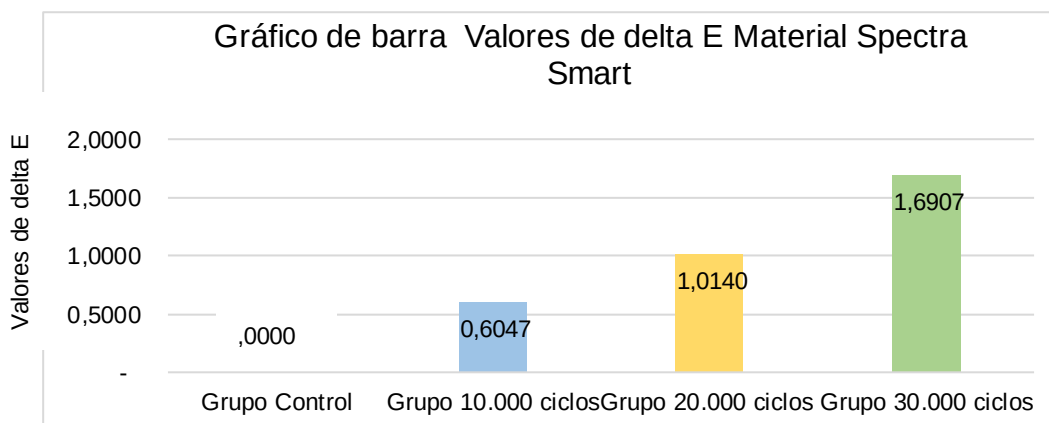


Gráfico 1 Representación de los valores de Delta E del material Spectra Smart

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La distribución del valor delta E obtenido en los distintos grupos es la misma entre las categorías del método aplicado	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.000	RECHAZAR LA HIPOTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 4: Resumen de hipótesis para variable delta E del material Spectra Smart

La distribución de Valor delta E (Tabla 4) obtenido en los distintos métodos no es la misma entre los grupos investigados, con un nivel de significación del 5%, $p=0.000 < 0.05$.

Resultado: el color del material Spectra Smart ha sido afectado por el tratamiento térmico y el valor Delta E obtenido en todos los grupos son estadísticamente significativos.

Se estudió la comparación de ΔE (material Spectra Smart) entre dos grupos. Las medidas de delta E se muestran diferentes entre los pares comparados (Diagrama 1), se analizó si esta diferencia detectada resulta estadísticamente significativa. Se aplica la prueba U- Mann Whitney, la decisión sobre la hipótesis nula se muestra en la tabla 5.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

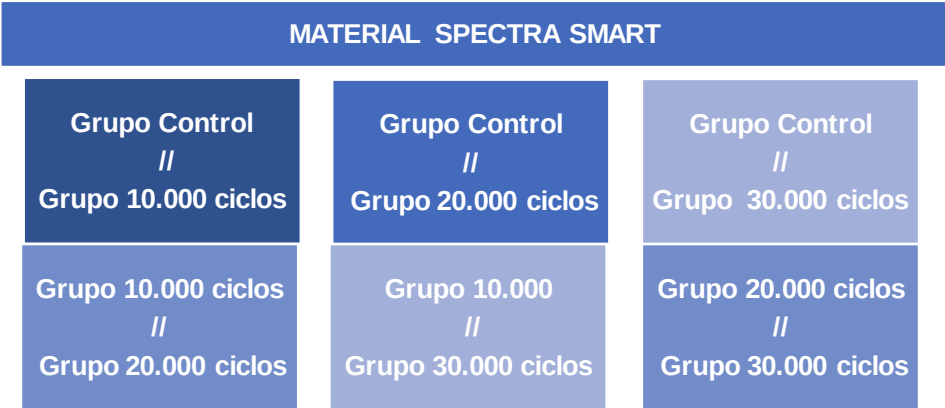


Diagrama 1: Comparación por pares posibles. Material Spectra Smart

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Comparación por método aplicado	Media Delta E	Desviación típ.	Error típ. de la media	Sig. prueba U de Mann Whitney	Decisión
Spectra Smart Control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Spectra Smart 10.000 ciclos	.6047	.52598	.13581		
Material Spectra Smart grupo control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Grupo Spectra Smart 20.000 ciclos	1.0140	1.44601	.37336		
Grupo Spectra Smart control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Grupo Spectra Smart 30.000 ciclos	1.6907	2.22688	.57498		
Spectra Smart grupo 10.000 ciclos	.6047	.52598	.13581	.174 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 20.000 ciclos	1.0140	1.44601	.37336		
Spectra Smart grupo 10.000 ciclos	.6047	.52598	.13581	.106 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 30.000 ciclos	1.6907	2.22688	.57498		
Spectra Smart grupo 20.000 ciclos	.0140	1.44601	.37336	.713 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 30.000 ciclos	1.6907	2.22688	.57498		
Referencia superíndice 1: Se muestra la significancia exacta para esta prueba.					
*Valores estadísticamente significativos					
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05					

Tabla 5: comparación por pares para la prueba U Mann-Whitney de hipótesis nula (A)
A Hipótesis nula: La distribución del valor delta E obtenido en los distintos pares de grupos es la misma.

Resultados del material Spectra Smart

La distribución de los datos, resultaron con una distribución no normal por lo que se comprobó la hipótesis nula con la prueba de Kruskal -Wallis, resultando todos los grupos estadísticamente significativos.

Se compararon los grupos dos a dos mediante la prueba U de Mann-Whitney. Se concluye que sí hay diferencia estadísticamente significativa entre los 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos cuando se los compara con el grupo control ,

no fue estadísticamente significativa cuando se compararon los otros grupos entre sí.

El resumen de este análisis inter-grupos puede observarse en la Tabla 6

Ho: la distribución del valor Delta es la misma en todos los grupos	Grupo 10.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos	Grupo 30.000 ciclos
Grupo control	Se rechaza	Se rechaza	Se rechaza
Grupo 10.000 ciclos		Se acepta	Se acepta
Grupo 20.000 ciclos			Se acepta

Tabla 6: Síntesis de los resultados para el material Spectra Smart comparación inter-grupos

Material Filtex Z350 XT

Se estudió si existen o no diferencias en la variable Delta E para los distintos grupos: Grupo Control; grupo 10.000 ciclos; grupo 20.000 ciclos y grupo 30.000 ciclos con el material Filtex Z350 XT. Los resultados de ΔE pueden verse en la tabla 7 y gráfico 2 .

	Valores media ΔE	Desviación típica	Error típ. de la media
Grupo Control	.0000	.0000	.0000
Grupo 10.000 ciclos	.6007	.38564	.09957
Grupo 20.000 ciclos	.6160	.35649	.09204
Grupo 30.000 ciclos	.9167	.71743	.18524

Tabla 7: Resultado ΔE del material Filtex Z350 XT

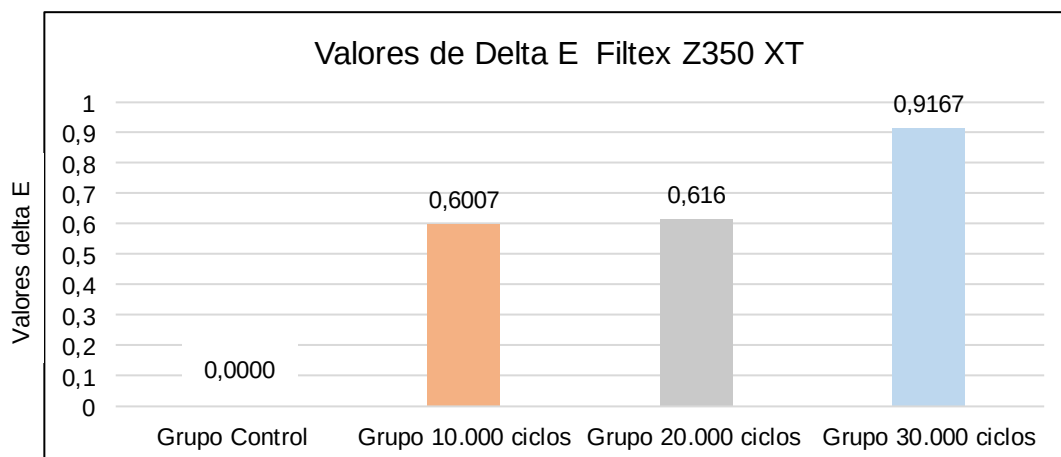


Gráfico 2: Representación de los valores de Delta E del material Z 350 XT

Como la variable delta E no sigue una distribución normal el SPSS automáticamente aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

Resultando que la distribución del Valor delta E obtenido en los distintos métodos no es la misma entre las categorías del método aplicado, con un nivel de significación del 5%. Por lo q se rechaza la hipótesis nula. (Tabla 8)

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
La distribución del valor delta E obtenido en los distintos grupos es la misma entre las categorías del método aplicado	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes.	.000	RECHAZAR LA HIPÓTESIS NULA
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05 ¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba.			

Tabla 8: Resumen de hipótesis para variable Delta E material Filtex Z350 XT

Resultado: el color del material Filtex Z350 XT ha sido afectado por el tratamiento térmico y el valor Delta E obtenido en todos los grupos son estadísticamente significativos.

Se estudió la comparación de ΔE entre los pares posibles del grupo (pueden verse en el diagrama 2).



Diagrama 2: Comparación por pares posibles material Filtex Z350 XT

Se estudió la comparación de ΔE (material Filtex Z 350 XT) entre dos grupos. Las medidas de delta E se muestran diferentes entre los pares comparados,

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

se analizó si esta diferencia detectada resulta estadísticamente significativa. Se aplica la prueba U- Mann Whitney, la decisión sobre la hipótesis nula se muestra en la Tabla 9.

^A Hipótesis nula: La distribución del valor delta E obtenido en los distintos grupos es la misma entre las categorías del método aplicado

	Media Delta E	Desviación típ.	Error típ. de la media	Sig. Test U de Mann Whitney	Decisión
Material Filtex Z350 XT Grupo Control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 10.000 ciclos	.6007	.38564	.09957		
Material Filtex Z350 XT Grupo control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 20.000 ciclos	.6160	.35649	.09204		
Material Filtex Z350 XT Grupo control	.0000	.00000	.00000	.000 ¹ *	Rechazar la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 30.000 ciclos	.9167	.71743	.18524		
Material Filtex Z350 XT Grupo 10.000 ciclos	.6007	.38564	.09957	.744 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 20.000 ciclos	.6160	.35649	.09204		
Material Filtex Z350 XT Grupo 10.000 ciclos	.6007	.38564	.09957	.148 ¹	Retener la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 30.000 ciclos	.9167	.71743	.18524		
Material Filtex Z350 XT Grupo 20.000 ciclos	.6160	.35649	.09204	.202 ¹	Retener la hipótesis nula
Material Filtex Z350 XT Grupo 30.000 ciclos	.9167	.71743	.18524		
Referencia superíndice 1: Se muestra la significancia exacta para esta prueba. *Valores estadísticamente significativos Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05					

Tabla 9: Comparación por pares para prueba U de Mann-Whitney de hipótesis nula ^A

Resultados de material Filtext Z350 XT

Se estudió la normalidad de la variable Delta E de las muestras lo que resultó con una distribución no normal. Se aplica prueba de Kruskal Wallis resultando que hay diferencias estadísticamente significativa entre los grupos.

Se comparó los grupos dos a dos , el resumen de este análisis inter-grupos pueden verse en la Tabla 10.

Ho: la distribución de Valor Delta es la misma	Grupo de 10.000 ciclos	Grupo de 20.000 ciclos	Grupo de 30.000 ciclos
Grupo control	Se rechaza	Se rechaza	Se rechaza
Grupo de 10.000 ciclos	Se acepta	Se acepta	Se acepta
Grupo de 20.000 ciclos			Se acepta

Tabla 10: Síntesis resultados comparación de grupos

COMPARACIÓN DEL VALOR DELTA E ENTRE LOS DOS MATERIALES

Se realizó la comparación entre los grupos con idénticos tratamiento, pero utilizando diferentes materiales. Se aplica la prueba U de Mann Whitney para hipótesis nula. Los resultados pueden verse en la Tabla 11 y el Gráfico 3.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

	Método aplicado	Media Delta E	Desviación típ.	Error típ. de la media	Sig. Test U de Mann Whitney	Decisión
Valor delta obtenido en los distintos grupos	Grupo 10.000 ciclos Spectra Smart	,6047	,52598	,13581	,305 ¹	Aceptar hipótesis nula
	Grupo 10.000 ciclos Filtex Z350 XT	,6007	,38564	,09957		
Valor delta obtenido en los distintos métodos	Grupo 20.000 ciclos Spectra Smart	1,0140	1,44601	,37336	,595 ¹	Aceptar hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos Filtex Z350 XT	,6160	,35649	,09204		
Valor delta obtenido en los distintos métodos	Spectra Smart 30.000 ciclos	1,6907	2,22688	,57498	,967 ¹	Aceptar hipótesis nula
	Filtex Z350 XT 30.000 ciclos	,9167	,71743	,18524		
Referencia superíndice 1: Se muestra la significancia exacta para esta prueba. Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05						

Tabla 11: Comparación por pares para prueba U de Mann-Whitney de hipótesis nula ^A

^A Hipótesis nula: La distribución del valor delta E obtenido en los distintos grupos es la misma entre las categorías del método aplicado

Resultado: en los grupos comparados no hay diferencias estadísticamente significativas.

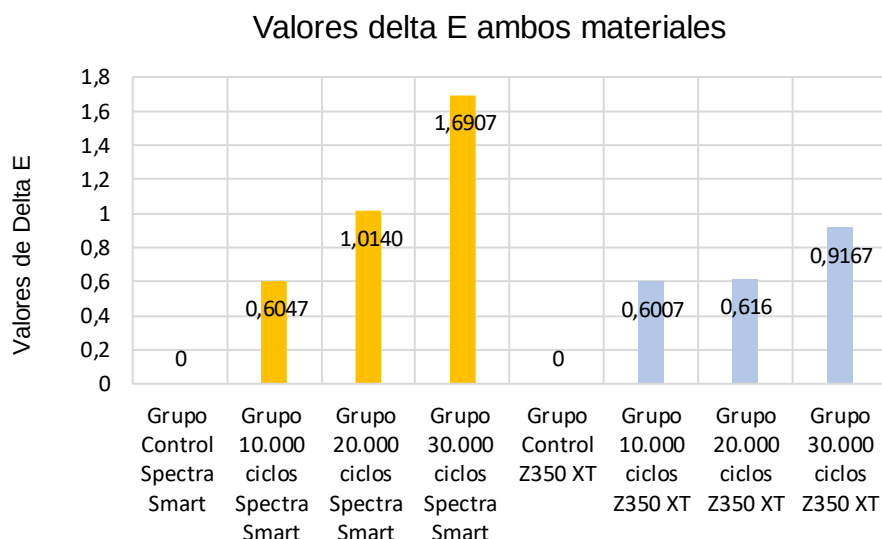


Gráfico 3: comparación de los valores de delta E de ambos materiales

Resultados variable Color

En esta investigación se realizó una serie de comparaciones con el propósito de analizar si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados.

Para la comparación entre los 4 grupos del material Spectra Smart, grupo control, 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos se aplicó la prueba U de Mann Whitney que reveló que **sí existen diferencias estadísticamente significativas** entre estos grupos cuando se los termo envejeció.

Se complementó la comparación para el mismo material, pero generando comparación 2 a 2 de todos los pares posibles. Del estudio de estas comparaciones, se mostró que **si hay diferencias estadísticamente significativas** entre el grupo control con cada uno de los otros tres (10.000, 20.000 y 30.000 ciclos). No así, las otros pares.

De manera similar se analizaron los datos obtenidos con el material Filtex Z350 XT. Se realizó la comparación entre los 4 grupos: grupo control, 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos. Se aplicó la prueba U Mann Whitney que reveló que **sí existen diferencias estadísticamente significativas** entre los 3 grupos del material, cuando se los compara con el grupo control. Este material fue el de mayor estabilidad cromática.

Se compararon entre sí, los grupos que tenían el mismo tratamiento de termociclado grupo 10.000; grupo 20.000 y grupo 30.000 ciclos, pero con distintos materiales. En todos los casos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

Se ha comprobado la influencia del ciclaje térmico sobre el color de las resinas compuestas.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Se establece que existen diferencias estadísticamente significativas respecto del grado de variación en el color según lo especificado en los párrafos anteriores, en las muestras sometidas a envejecimiento térmico, en relación con el grupo control en ambos materiales

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

MICRODUREZA

Material Spectra Smart Dentsply Sirona

Se estudia si existen o no diferencias en la variable valor promedio de Microdureza para los distintos métodos (grupo control; 10.000; 20.000 y 30.000 ciclos). La síntesis de este primer análisis se muestra en el Diagrama 3 y la Tabla 12:



Diagrama 3: Grupos Material Spectra Smart

MATERIAL SPECTRA SMART				
	N muestral	Valores Promedio de microdureza	Desviación típica	Error típ. de la media
Grupo Control	15	78,7167	8,56785	2,21221
Grupo 10.000 ciclos	15	73,6664	9,70447	2,50568
Grupo 20.000 ciclos	15	68,8731	10,83731	2,79818
Grupo 30.000 ciclos	15	70,3844	6,80049	1,75588

Tabla 12 Valores promedio de microdureza del material Spectra Smart

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Significación	Decisión
La distribución del valor promedio de Microdureza es la misma entre las categorías de los distintos métodos aplicados.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.029	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 13: Resumen de hipótesis nula para microdureza del material Spectra Smart. Prueba Kruskal-Wallis para muestras independientes

La distribución del Valor promedio de Microdureza obtenido en los distintos métodos es diferente entre las categorías del método aplicado, con un nivel de significación del 5%. Presenta diferencias estadísticamente significativas siendo $p=0,029$ ($0,029 < 0,05$) Por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Se estudió la comparación de medias (material Spectra Smart) entre dos grupos (se muestran todos los posibles pares de grupos en el Diagrama 4 y la Tabla 14)

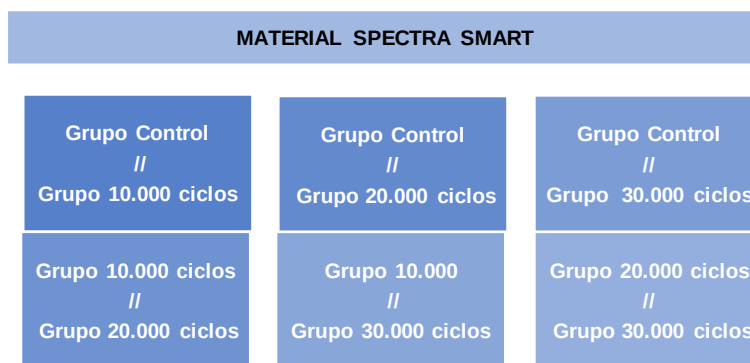


Diagrama 4: Comparación por pares posibles material Spectra Smart

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

	Media de microdureza	Desviación típ.	Error típ. de la media	Sig. Test U de Mann Whitney	Decisión
Spectra Smart Control	78,7167	8,56785	2,21221	.202 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart 10.000 ciclos	73,6664	9,70447	2,50568		
Material Spectra Smart grupo control	78,7167	8,56785	2,21221	.023 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Grupo Spectra Smart 20.000 ciclos	68,8731	10,83731	2,79818		
Grupo Spectra Smart control	78,7167	8,56785	2,21221	.011 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Grupo Spectra Smart 30.000 ciclos	70,3844	6,80049	1,75588		
Spectra Smart grupo 10.000 ciclos	73,6664	9,70447	2,50568	.126 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 20.000 ciclos	68,8731	10,83731	2,79818		
Spectra Smart grupo 10.000 ciclos	73,6664	9,70447	2,50568	.137 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 30.000 ciclos	70,3844	6,80049	1,75588		
Spectra Smart grupo 20.000 ciclos	68,8731	10,83731	2,79818	.775 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Spectra Smart grupo 30.000 ciclos	70,3844	6,80049	1,75588		
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05					
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba					

Tabla 14: Resumen de hipótesis para microdureza del material Spectra Smart. Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Se incluyen todos los pares posibles.

Conclusión de material Spectra Smart

La variable promedio de Microdureza tuvo una distribución no normal por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Se comparó si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos: de 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos con el grupo control resultando la distribución de valor promedio de Microdureza obtenido en los distintos métodos **diferente** entre las categorías, con un nivel de significación del 5%. Presenta diferencias estadísticamente

significativas siendo $p=0,029$ ($0,029 < 0,05$) Por lo que se rechaza la hipótesis nula para los grupos.

Se compararon los grupos por pares resultandos las siguientes combinaciones. Los resumen de los resultados que puede verse en la tabla 15:

Ho: La distribución de valor promedio de Microdureza es la misma en todos los grupos			
	Grupo 10.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos	Grupo 30.000 ciclos
Grupo control	Se acepta la hipótesis nula	Se rechaza la hipótesis nula	Se rechaza la hipótesis nula
Grupo 10.000 ciclos		Se acepta la hipótesis nula	Se acepta la hipótesis nula
Grupo 20.000 ciclos			Se acepta la hipótesis nula

Tabla 15: Síntesis resultados comparación de grupos para el material Spectra Smart

MATERIAL FILTEX Z350 XT 3M

Se estudia si existen o no diferencias en la variable valor promedio de Microdureza para los distintos métodos de termociclado: 10.000; 20.000; 30.000 ciclos y el grupo control con el material Filtex Z350 XT. Lo grupos pueden verse en el Diagrama 5 y el resultado de los valores promedios de cada grupo se ven en la Tabla 16.

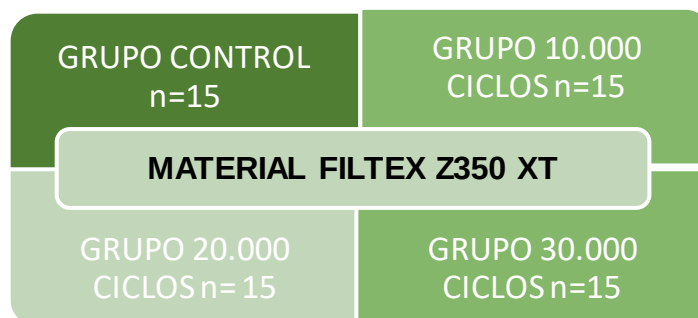


Diagrama 5 : grupos del material Filtex Z350 XT

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Material Filtex Z350 XT				
	N muestral	Valores Promedio de microdureza	Desviación típica	Error típ. de la media
Grupo Control	15	86,6349	18,08191	4,66873
Grupo 10.000 ciclos	15	81,2369	15,09517	3,89756
Grupo 20.000 ciclos	15	77,4709	7,65940	1,97765
Grupo 30.000 ciclos	15	75,6951	4,98777	1,28784

Tabla 16: Valores promedios de microdureza. Material Filtex Z350 XT

Como la variable valor promedio Microdureza no sigue una distribución normal el software estadístico utilizado (IBM SPSS v22), automáticamente aplica la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Significación	Decisión
La distribución del valor promedio de Microdureza es la misma entre las categorías de los distintos métodos aplicados.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	.001	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			

Tabla 17: Resumen de hipótesis nula para microdureza del material Filtex Z350 XT. Prueba Kruskal-Wallis para muestras independientes

La distribución de valor promedio de Microdureza para los grupos del material Filtex Z350 XT obtenidos en los distintos métodos fue diferente entre las categorías del método aplicado, con un nivel de significación del 5%. Presenta diferencias estadísticamente significativas siendo $p=0,001$ ($0,001 < 0,05$) por lo que se rechaza la hipótesis nula.(Tabla 17)

Para profundizar el análisis, se propone estudiar la comparación de medias de microdureza del material Filtex Z350 XT entre pares, se realizan todas las posibles parejas de grupos que pueden verse en el Diagrama 6.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

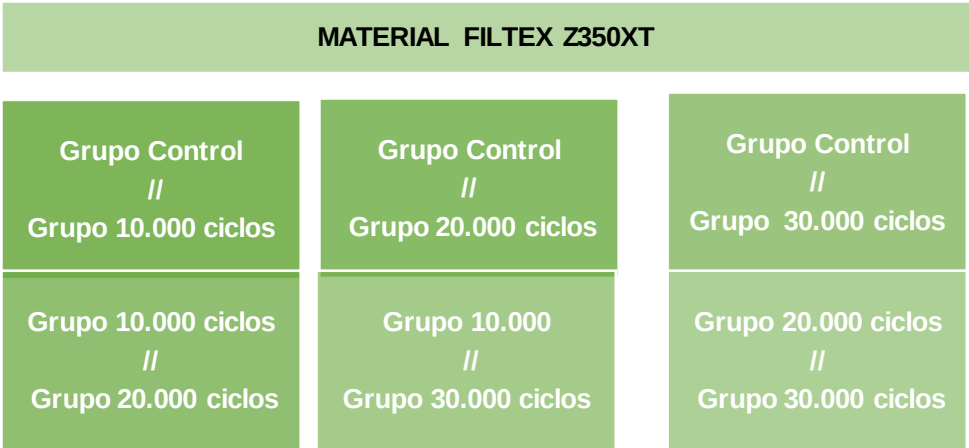


Diagrama 6: Comparación por pares posibles material Filtex Z350 XT

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.

Estudio in vitro

Comparación por método aplicado	Media de microdureza	Desviación típ.	Error típ. de la media	Sig. Test U de Mann Whitney	Decisión
Z350 XT grupo control	86,6349	18,08191	4,66873	.126 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 10.000 ciclos	81,2369	15,09517	3,89756		
Z 350 XT grupo control	86,6349	18,08191	4,66873	.002 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 20.000 ciclos	77,4709	7,65940	1,97765		
Z350 XT grupo control	86,6349	18,08191	4,66873	.000 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 30.000 ciclos	75,6951	4,98777	1,28784		
Z350 XT grupo 10.000 ciclos	81,2369	15,09517	3,89756	.098 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 20.000 ciclos	77,4709	7,65940	1,97765		
Z350 XT grupo 10.000 ciclos	81,2369	15,09517	3,89756	.015 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 30.000 ciclos	75,6951	4,98777	1,28784		
Z350 XT grupo 20.000 ciclos	77,4709	7,65940	1,97765	.567	Aceptar la hipótesis nula
Z350 XT grupo 30.000 ciclos	75,6951	4,98777	1,28784		
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05					
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba					

Tabla 18: Resumen de hipótesis para microdureza del material Filtek Z350 XT. Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Se incluyen todos los pares posibles

Conclusión del material Z350 XT

Se comparó si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos 10.000, 20.000 y 30.000 y el grupo control y entre los distintos pares posibles. (Tabla 18)

La distribución de valor promedio de Microdureza obtenido en los distintos métodos **es diferente** entre las categorías del método aplicado, con un nivel de significación del 5%. Presentó diferencias estadísticamente significativas siendo $p=0,001$ ($0,001 < 0,05$).

Se compararon los grupos 2 a 2, de todos los pares posibles. Las combinaciones posibles pueden verse en el Diagrama 6.

El resumen del análisis de cada una de estas parejas (inter-grupos) los resultados pueden verse en la tabla 19:

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Ho: La distribución de Valor promedio de Microdureza es la misma en todos los grupos para el material Filtex Z350 XT			
	Grupo de 10.000 ciclos	Grupo de 20.000 ciclos	Grupo de 30.000 ciclos
Grupo control	Se acepta la hipótesis nula	Se rechaza la hipótesis nula	Se rechaza la hipótesis nula
Grupo 10.000 ciclos		Se acepta la hipótesis nula	Se rechaza la hipótesis nula
Grupo 20.000 ciclos			Se acepta la hipótesis nula

Tabla 19: Síntesis comparación entre grupos

Comparación entre los distintos grupos de ambos materiales

Se realiza una comparación entre los mismos grupos (grupo 10.000 ciclos) pero utilizando diferentes materiales. La comparación se sintetiza en el Diagrama 7.



Diagrama 7: Comparación grupo 10.000 ciclos ambos materiales

Estadísticos de grupo					
	Método aplicado	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Valor promedio Microdureza	Grupo de 10.000 ciclos Spectra Smart	15	73,6664	9,70447	2,50568
	Grupo de 10.000 ciclos Filtex Z350 XT	15	81,2369	15,09517	3,89756

Tabla 20: Valores promedio microdureza de los grupos de 10.000 ciclos de ambos materiales

Las medias se muestran similares, con una pequeña diferencia entre los dos grupos (73,6664 y 81,2369). Se analizó si esta diferencia detectada resulta estadísticamente significativa. Se aplica la prueba U- Mann Whitney. Los valores pueden verse en la tabla 21.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Significación	Decisión
La distribución del valor promedio de Microdureza es la misma entre los grupos de igual cantidad de ciclos y de distintos materiales	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	.011 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba			

Tabla 21: Prueba U de Mann-Whitney para grupo 10.000 ciclos de ambos materiales

Se rechazó la hipótesis nula, esto implica que sí existen diferencias estadísticamente significativas para la variable valor promedio Microdureza entre los grupos de distintos materiales Spectra Smart y Filtext Z350 XT para el método de 10.000 ciclos. Siendo $p = 0,011$ ($0,011 < 0,05$). (Tabla 21)

Se realiza una comparación entre los mismos grupos (grupos de 20.000 ciclos) pero utilizando diferentes materiales. (Diagrama 8)



Diagrama 8: Comparación grupo 20.000 ciclos ambos materiales

Estadísticos de grupo					
	Método aplicado	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Valor promedio Microdureza	Grupo de 20.000 ciclos Spectra Smart	15	68,8731	10,83731	2,79818
	Grupo de 20.000 ciclos Z350 XT	15	77,4709	7,65940	1,97765

Tabla 22: Valores promedio microdureza de los grupos de 20.000 ciclos de ambos materiales

Las medias se muestran diferentes entre los dos grupos (68,8731 y 77,4709 respectivamente). Se analizó si esta diferencia detectada resulta estadísticamente significativa. Se aplica la prueba U- Mann Whitney. (Tabla 22)

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Significación	Decisión
La distribución del valor promedio de Microdureza es la misma entre los grupos de igual cantidad de ciclos y de distintos materiales	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,023 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba			

Tabla 23: Prueba U de Mann-Whitney para los grupos de 20.000 ciclos de ambos materiales

Estos valores implican que sí existen diferencias estadísticamente significativas para la variable promedio de la Microdureza entre los grupos de distintos materiales Spectra Smart y Filtex Z350 XT para el método de 20.000 ciclos. Siendo $p = 0,023$ ($0,023 < 0,05$). Por lo que se rechaza la hipótesis nula. (Tabla 23)

Se realiza una comparación entre los mismos grupos (grupos de 30.000 ciclos) pero utilizando diferentes materiales. (Diagrama 9)



Diagrama 9: Comparación grupo 30.000 ciclos ambos materiales

Estadísticos de grupo					
	Método aplicado	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Valor promedio Microdureza	Grupo de 30.000 ciclos Spectra Smart	15	70,3844	6,80049	1,75588
	Grupo de 30.000 ciclos Z350 XT	15	75,6951	4,98777	1,28784

Tabla 24: Valores promedio microdureza de los grupos de 30.000 ciclos de ambos materiales

Las medias se muestran diferentes entre los dos grupos (70,3844 y 75,6951 respectivamente). (Tabla 24) Se analizó si esta diferencia detectada resulta estadísticamente significativa. Se aplica la prueba U- Mann Whitney para

analizar la diferencia de medias observada resultando estadísticamente no significativa. (Tabla 25)

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Test	Significación	Decisión
La distribución del valor promedio de Microdureza es la misma entre los grupos de igual cantidad de ciclos y de distintos materiales	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,081 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba			

Tabla 25: Prueba U de Mann-Whitney para los grupos de 30.000 ciclos de ambos materiales

Se aceptó la hipótesis nula, por lo que no existen diferencias estadísticamente significativas para la variable Valor promedio Microdureza entre los grupos de distintos materiales Spectra Smart y Z350 XT de 30.000 ciclos. Siendo $p = 0,081$ ($0,081 > 0,05$). (Tabla 25)

Resumen de resultados para microdureza

La microdureza de ambos materiales ha sido afectada por el tratamiento de termociclado en todos los regímenes y estos datos fueron estadísticamente significativos.

Cuando se compara la disminución de los valores de microdureza con los del grupo control sólo fueron estadísticamente significativos los grupos de 20.000 y 30.000 ciclos de ambos materiales.

Cuando se compararon ambos materiales con los mismos tratamientos de termoenviejamiento, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de 10.000 y 20.000 ciclos. Siendo el material Filtek Z350 XT el que obtuvo valores de microdureza mayores.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS Y PROCESAMIENTO ESTADISTICO

MICROFILTRACIÓN

Para describir la relación entre dos variables cualitativas, el formato preferido de presentación de la información es la “tabla de contingencia, bivariable o bidimensional”. La estadística bivariada analiza la relación entre dos variables. Estas dos variables pueden estar al mismo nivel, o bien una de ellas puede ser categórica y la otra cuantitativa. En este caso de estudio, ambas variables resultan ser cualitativas.

El plan de análisis consistió en entrecruzar los resultados obtenidos de las interfaces relacionándolo con cada tratamiento, con el propósito de determinar si los distintos tratamientos influyeron o no en el grado de penetración del colorante y si es significativa esa influencia en las distintas categorías.

Se ha utilizado la mediana como representante de los valores de filtración obtenido en las observaciones de la interface de los elementos dentarios. Se ha considerado esta medida de tendencia central por tratar con una variable cualitativa.

Análisis descriptivo de cada grupo por material y métodos aplicados

Se realizaron las distribuciones de frecuencia para los resultados obtenidos en la pared oclusal y cervical, para los grupos 10.000 ciclos, 20.000 ciclos y 30.000 ciclos del material Spectra Smart y del Filtex Z350XT.

Para evaluar el grado de filtración del colorante en la interface, se utiliza la norma ISO N° 11405 de la ADA para las pruebas de adhesión de los materiales dentales. (Tabla 26)

REFERENCIA o GRADO 0= SIN PENETRACIÓN DEL COLORANTE EN LA INTERFACE
REFERENCIA o GRADO 1= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN HASTA EL LIMITE AMELODENTINARIO
REFERENCIA o GRADO 2= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN HASTA LA DENTINA
REFERENCIA o GRADO 3= EVIDENCIA DE PENETRACIÓN EN LA PARED AXIAL
REFERENCIA o GRADO 4=EVIDENCIA DE PENETRACIÓN EN TODA LA RESTAURACIÓN

Tabla 26: Referencias o grados de infiltración del colorante

Se elige como representante de las medidas obtenidas, la mediana, dado que se trata de un conjunto de datos expresados en una escala ordinal.

Material Spectra Smart

La representación de los valores de mediana de la filtración marginal de la pared cervical de todos los grupos pueden verse en el Gráfico 4 y los de la pared oclusal en el Gráfico 5.

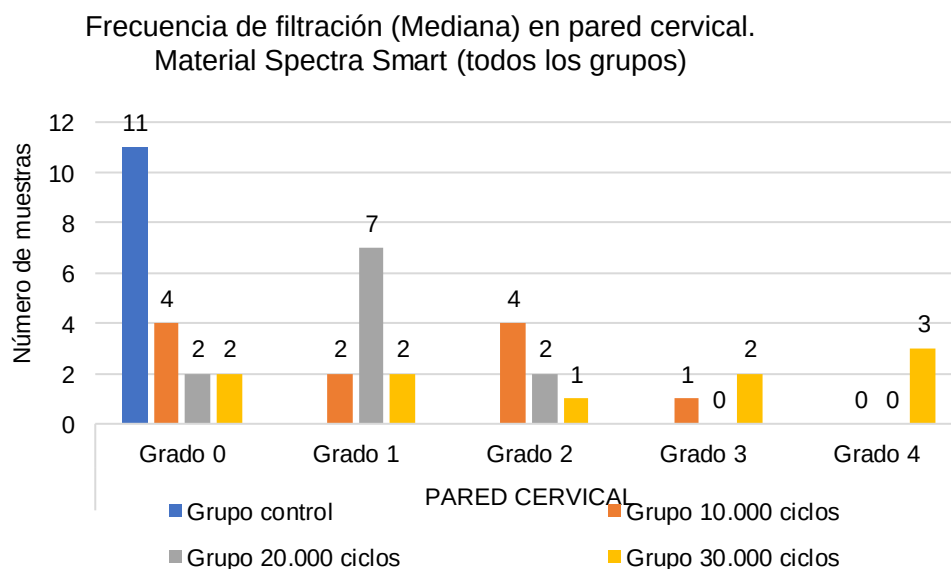


Gráfico 4: Frecuencia de filtración en pared cervical todos los grupos

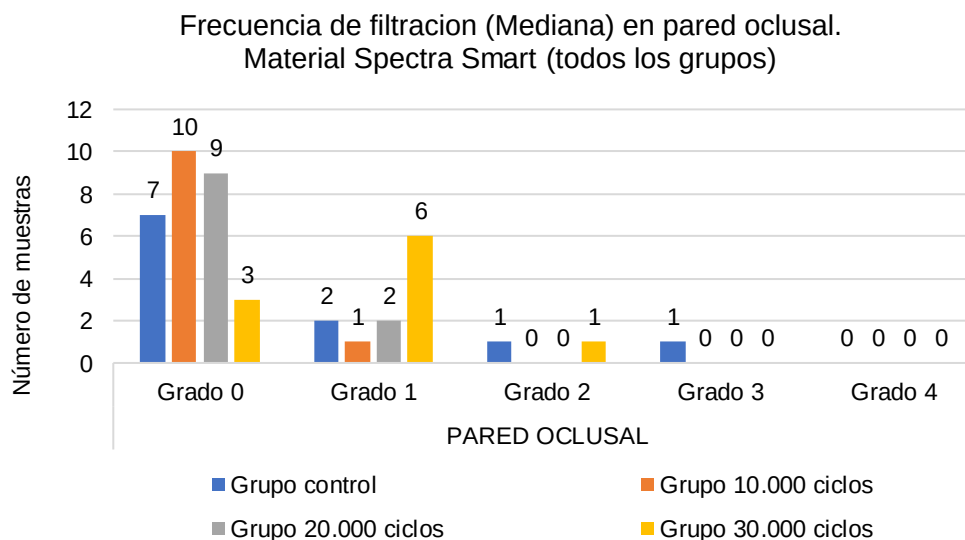


Gráfico 5: Frecuencia de filtración en pared oclusal todos los grupos

Medidas de tendencia central para el material Spectra Smart

Como la variable es cualitativa, se interpreta la moda. En este caso la moda es 0 que implica “Sin filtración”. Es decir, **el valor más observado en el grupo control tanto para pared cervical y oclusal es 0.**

Para **el grupo de 10.000 ciclos la moda es 0 y 2**; como hay dos modas se toma la de menor valor, es decir **0 para la pared cervical y 0 para la pared oclusal.**

Para **el grupo de 20.000 ciclos la moda para la pared cervical es 1 y 0 en la pared oclusal.**

Para **el grupo 30.000 ciclos la moda es 4 para la pared cervical y 0 en la pared oclusal.**

Material Filtex Z530 XT

La representación de los valores de mediana de la filtración marginal de la pared cervical de todos los grupos pueden verse en el Gráfico 6 y los de la pared oclusal en el Gráfico 7.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

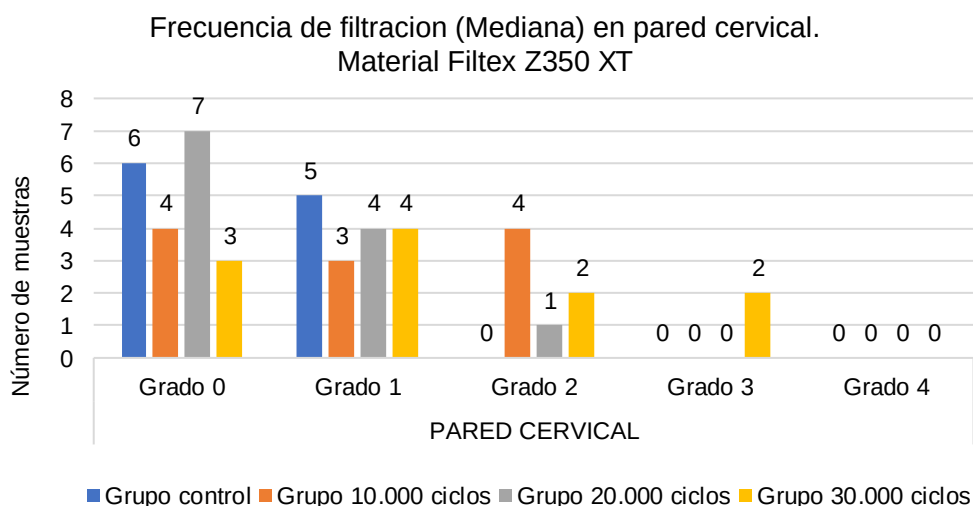


Gráfico 6: Frecuencia de filtración en pared cervical de todos los grupos

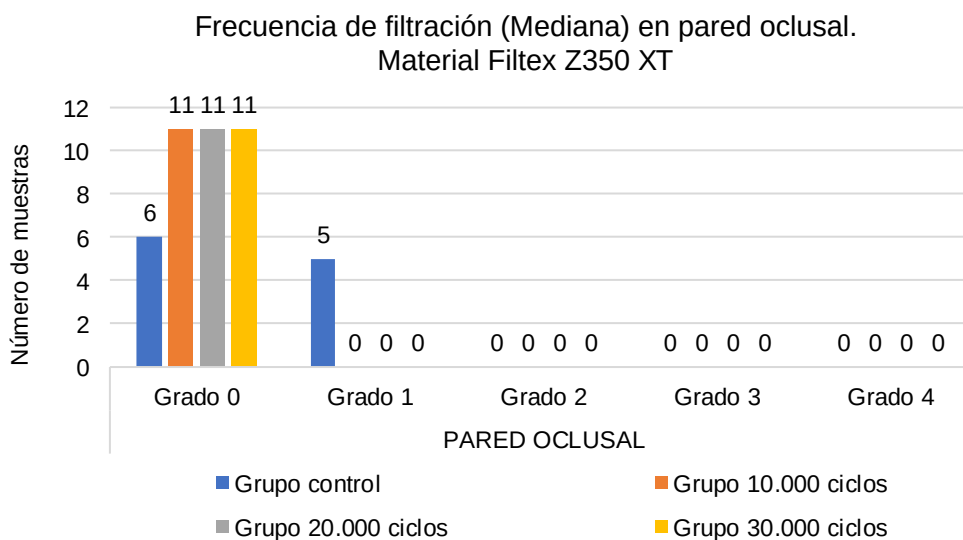


Gráfico 7: Frecuencia de filtración en pared oclusal todos los grupos

Medidas de tendencia central para el material Filtek Z350XT

Como la variable es cualitativa, se interpreta la moda para este material.
En el **grupo Control** la moda es 0 que implica “Sin filtración” tanto para pared cervical como la oclusal.

Para **el grupo de 10.000 ciclos** la moda es 0 y 2; como hay dos modas se toma la de menor valor, es decir **0 para la pared cervical y 0 para la pared oclusal.**

Para el grupo de **20.000 ciclos** la moda es 0 tanto **para la pared cervical como para la pared oclusal.**

Para el **grupo 30.000 ciclos** la moda es 1 para la pared cervical y 0 en la **pared oclusal.**

Análisis de prueba de hipótesis

Para profundizar el análisis estadístico se aplica las pruebas U de Mann-Whitney para muestras independientes con todos los pares posibles (Tabla 27)

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Pared Cervical

MATERIAL SPECTRA SMART				
Hipótesis nula	Grupos comparados	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 10.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared Cervical	.010 ¹	Rechazar la hipótesis nula
	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 20.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared Cervical	.000 ¹	Rechazar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 30.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared Cervical	.001 ¹	Rechazar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 10.000 y 20.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART	Pared Cervical	.880 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 10.000 y 30.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART	Pared Cervical	.197 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 20.000 y 30.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART	Pared Cervical	.123 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05				
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba				

Tabla 27: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared cervical (comparación por pares). Material Spectra Smart

En el Gráfico 8 puede verse la representación de los resultados de la prueba U de Mann Whitney de la comparación de las medianas en la pared cervical de todos los posibles grupos.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

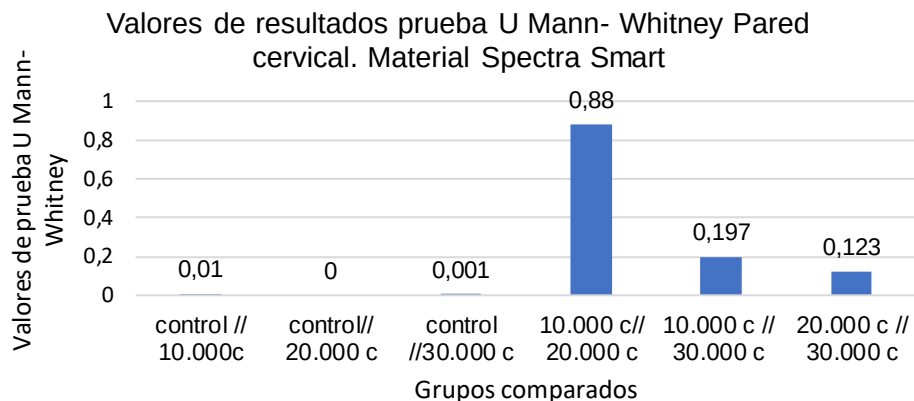


Gráfico 8: Comparación por pares, mediana pared cervical. Material Spectra Smart

Pared Oclusal

MATERIAL SPECTRA SMART				
Hipótesis nula	Grupos comparados	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos controles y 10.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared oclusal	.270 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos controles y 20.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared oclusal	.525 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos controles y 30.000 ciclos	Grupo Control SPECTRA SMART	Pared oclusal	.387 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos 10.000 y 20.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART	pared oclusal	.525 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos 10.000 y 30.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos SPECTRA SMART	pared oclusal	.016 ¹	Rechazar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
La distribución de los valores de mediana de la pared oclusal es la misma para los grupos 20.000 y 30.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos SPECTRA SMART	pared oclusal	.059 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos SPECTRA SMART			
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05				
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba				

Tabla 28: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared oclusal (comparación por pares). Material Spectra Smart

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Material Filtex Z350 XT

Pared Cervical

MATERIAL FILTEX Z350 XT				
Hipótesis nula	Grupos comparados	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 10.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.223 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 20.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.872 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles y 30.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.114 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 10.000 y 20.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.211 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 10.000 y 30.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.652 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 20.000 y 30.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Cervical	.091 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de signifi9cancia es .05				
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba				

Tabla 29: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared cervical (comparación por pares). Material FILTEX Z350 XT

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Pared Oclusal

MATERIAL FILTEX Z350 XT				
Hipótesis nula	Grupos comparados	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos controles y 10.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	.051 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos controles y 20.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	.050 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos controles y 30.000 ciclos	Grupo Control FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	.051 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 10.000 y 20.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	1.000 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 10.000 y 30.000 ciclos	Grupo 10.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	1.000 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 20.000 y 30.000 ciclos	Grupo 20.000 ciclos FILTEX Z350 XT	Pared Oclusal	1.000 ¹	Aceptar la hipótesis nula
	Grupo 30.000 ciclos FILTEX Z350 XT			
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05				
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba				

Tabla 30: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared Oclusal (comparación por pares). Material FILTEX Z350 XT

El valor de significación de p es $> 0,05$ se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Comparación entre los distintos materiales

Pared Cervical

MATERIAL SPECTRA SMART Y FILTEX Z350 XT			
Hipótesis nula	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos controles de ambos materiales.	Pared Cervical	.051 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 10.000 ciclos de ambos materiales.	Pared Cervical	.784 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 20.000 ciclos de ambos materiales	Pared Cervical	.060 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared cervical es la misma para los grupos 30.000 ciclos de ambos materiales.	Pared Cervical	.197 ¹	Aceptar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba			

Tabla 31: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared cervical para igual método y distintos materiales

El valor de significación $p > 0,05$ se concluye que **no** existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Pared oclusal

MATERIALES SPECTRA SMART Y FILTEX Z350 XT			
Hipótesis nula	Pared	Sig. Prueba U de Mann-Whitney	Decisión
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos controles de ambos materiales.	Pared Oclusal	.863 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 10.000 ciclos de ambos materiales	Pared Oclusal	.748 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 20.000 ciclos de ambos materiales	Pared Oclusal	.319 ¹	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de los valores de mediana de la pared Oclusal es la misma para los grupos 30.000 ciclos de ambos materiales	Pared Oclusal	.005 ¹	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05			
¹ Se muestra la significancia exacta para esta prueba			

Tabla 32: Prueba de Hipótesis nula para mediana en pared oclusal para igual método y distintos materiales

El valor de significación $p > 0,05$ se concluye que **no** existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas.

Resumen de resultados para filtración marginal

La filtración marginal de la pared cervical de las preparaciones de las muestras del material Spectra Smart, se ha visto afectada por el termociclaje, en todos los grupos. Los datos fueron estadísticamente significativos cuando se compararon los resultado de los distintos regímenes de termociclado con los del grupo control.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

La filtración marginal de las paredes oclusales de ambos materiales y la de la pared cervical del material Filtex 350XT no se vio afectada por el termoenviejecimiento.

El tratamiento de 30.000 ciclos de termociclaje afectó la filtración marginal de la pared oclusal del material Spectra Smart y los valores fueron estadísticamente significativos.

CAPÍTULO 8

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados del presente estudio todas las partes de la hipótesis y de los objetivos fueron verificadas y cumplidos.

Eliasson S y Dahl J (Eliasson, 2020) aceptan, al igual que gran parte de la comunidad científica la necesidad de contar con estudios estandarizados para evaluar el desempeño de los materiales en odontología. En sus estudios realizaron probetas de resinas compuestas a las que les incluyeron termocuplas en el centro para verificar el tiempo que tardaron en alcanzar la temperatura del agua de los baños. Ellos determinaron que 30 segundos eran insuficientes para que se alcanzara esa temperatura en el centro de las probetas. El tamaño de las muestras que se usaron eran bloques de resinas compuestas de 500 mm³, hasta de 1.500 mm³ cuando se comparan con preparaciones dentales de clase V de 12 mm³, como las utilizadas en este trabajo de investigación, sería lógico pensar que el gran volumen de resina utilizada podría ser la causa de la disminución de temperatura medida en el centro de las probetas. En el trabajo de Eliasson se alcanzaron en 30 segundos en el centro de las muestras una temperatura de 54.3 °C. en las probetas menores y de 48°C en las de mayor tamaño, siendo la temperatura del baño 55°C. Si consideramos que el coeficiente de variación térmica de las resinas compuestas se define como el cambio de volumen por unidad de volumen original de un material cuando su temperatura aumenta 1 °C. las diferencias en la temperatura alcanzada igual determinarían una variación de volumen. Sobre todo, en materiales que tienen coeficientes mucho mayores que los tejidos dentales.

En la presente investigación se realizaron 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos de frío y calor, aún cuando consideramos la baja conductividad y difusión térmica

de las resinas y si se asocia a los volúmenes pequeños de las preparaciones cavitarias en 30 segundos de exposición al agua de los baños es suficiente para producir cambios volumétricos que se reflejaron en las variaciones de color, en la pérdida de la dureza superficial de las muestras y en la filtración marginal de las preparaciones.

El termoenviejecimiento produjo en los materiales testeados en este trabajo, cambios de color notables, pero aceptables clínicamente, con un ΔE entre 0,6 y 1,6. En los resultados publicados por Sarafianou y colaboradores (Sarafianou, 2007) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad cromática y su afectación por termoenviejecimiento, aún cuando usaron dos métodos de envejecimiento: térmico y lumínico. Esta diferencia con el presente trabajo, podría explicarse por la cantidad de ciclos térmicos usados, ya que en el trabajo de los investigadores utilizaron 2.000 ciclos frío/calor, claramente insuficiente para producir alteraciones internas del material que se traduzcan en cambios en el color. Otra posible explicación de la inestabilidad cromática alcanzadas en este estudio, sería que las aminas terciarias (que son aceleradoras de la reacción de fotopolimerización) se degradan bajo la influencia del calor y alteran la refracción de la luminosidad y determinando así, el cambio de ΔE .

Las conclusiones del trabajo de Dundage (Dundage, 2025) coincide con nuestros resultados y también propone que el cambio de color de sus resinas se podría producir por el intenso estrés generado por los diferentes coeficientes de variación térmica entre el relleno y la sustancia orgánica. Postulan que las fluctuaciones de temperatura también podrían liberar canforoquinona residual que podría ser la responsable del cambio de color de las resinas estudiadas.

El envejecimiento térmico produce cambios repetidos y repentinos, que según los coeficientes de variación volumétrica que tenga el material restaurador estudiado, produce estrés en el interior de la masa (el relleno inorgánico y el orgánico tienen distintos coeficientes de variación térmica). (Bicer , 2025) Esta situación repetida determina rupturas internas como las moléculas de vinil silano, microfracturas por fatiga de las cadenas poliméricas, la dilatación del material permite la absorción de agua entre las cadenas poliméricas produciendo una degradación hidrolítica de las mismas. Cualquier alteración en el interior del material va a producir modificaciones en la refracción de la luz y por lo tanto, cambios en el color. Este evento se ha repetido en estudios previos que comprobaron el efecto del termociclado como factor determinante del cambio de color de las resinas al igual que en este estudio. (Tuncer, 2013) (Duymus, 2021)

El termociclado tuvo un impacto significativo en la estabilidad del color y la microdureza de las resina probadas, iguales resultados mostraron los estudios de Fidan y colaboradores quienes también encontraron valores de delta E en el rango de los umbrales de percepción y aceptabilidad. (Fidan, 2024)

En los trabajos de Tsujimoto (Tsujimoto, 2018) postulan que el termociclado afecta la microdureza superficial de las resina nano particuladas en mayor medida que en las resinas nano híbridas. La causa es que el estrés en las moléculas de vinil silano generado por la diferencia de coeficiente de variación térmica entre las sustancias inorgánicas y orgánicas, rompen las moléculas de unión generando disminución de la microdureza del material. Las resinas microhíbridas sufren menos estrés en la interface inorgánica-matriz por tener menor superficie de contacto. A la inversa ocurre con las resinas nanohíbrida. Este trabajo de investigación no coincide con la experiencia de Tsujimoto, posiblemente porque la microdureza es una propiedad del tipo de material, ya que depende de la fase orgánica y de la cantidad y tamaño de sustancia

inorgánica. Las resinas con partículas nanométricas tienen una mayor área de interfaz entre los rellenos y la sustancia orgánica que los composites de resina microhíbrida que tienen menos interfaz partículas-matriz. Los cambios de temperatura del medio bucal, podrían inducir a mayor estrés en esta interfaz produciendo rupturas por fatiga en las moléculas de silano, en las resinas nano particuladas al tener mayor superficie de contacto entre el relleno, mucho más pequeño y la resina, el estrés es mucho mayor que en las microhíbridas. Tsujimoto encontró que hubo resultados significativamente diferentes dependiendo del material, pero que los que tenían tamaños de partículas menores tenían menores valores de desgaste, es decir mayor dureza superficial. En esta investigación se comprobó la pérdida de la microdureza en ambas resinas evaluadas. Esta pérdida podría deberse a un mecanismo asociado de sorción acuosa, inducida por los cambios térmicos y el estrés producido en las interfaces partículas inorgánicas-sustancia resinosas.

Ghavami-Lahiji y colaboradores (Ghavami y Kaguhu, 2018) también encontraron una disminución estadísticamente significativas de la microdureza cuando las muestras fueron termocicladas. En este trabajo los valores de microdureza disminuyeron en todos los regímenes de envejecimiento térmicos pero fueron significativos en los grupos de mayor número de ciclos, al igual que en el trabajo de Ghavami-Lahiji. La microdureza disminuye con el termoenvejecimiento. Sobre todo, y según los alcances de este estudio hasta los 20.000 ciclos. Debido a la dilatación que sufre el material, se produce una adsorción del agua, dando como resultado una hidrólisis de las cadenas poliméricas que pierden así microdureza.

En los trabajo de Choquecota (Choquecota, 2022) y (Badaoui Strazzi, 2020) también encontraron disminuciones en la microdureza de las resinas estudiadas a pesar de usar menores números de ciclos de termociclado. En esta tesis la disminución de microdureza obtenida fueron estadísticamente significativa en los grupos con mayor número de termociclados.

La filtración marginal o microfiltración de las restauraciones ha sido una preocupación constante en la odontología, los profesionales clínicos y los investigadores han combinado técnicas para obtener sellados periféricos que superen la contracción de polimerización así como también, los coeficientes de variaciones térmicas de las resinas compuestas. En los trabajos de Castro Fuentes y colaboradores (Castro Fuentes, 2018) no encontraron diferencias en su investigación cuando a las muestras se las somete a termociclado. A diferencia del presente estudio donde si hubo diferencias estadísticamente significativas usando sistemas de grabado selectivo. En el trabajo de Castro Fuentes et al. solo se usaron 5.000 ciclos de frío y calor mientras que en este trabajo, se llevaron las muestras a 30.000 ciclos. El mayor estrés generado por el envejecimiento térmico, podría ser la causa de la mayor filtración de nuestras muestras. Si se toma el consenso general de los investigadores que siguen los trabajos de Gale et al. Donde 10.000 ciclos equivaldrían a un año de uso en boca, los 5.000 ciclos usados por Castro Fuentes es claramente insuficiente para poner a prueba el sellado de los sistemas adhesivos de cualquier técnica que sea.

Esta investigación coincide con los resultados de Herrera-Raya y colaboradores (Herrera-Raya, 2018) quienes encontraron mayor filtración en las paredes cervicales de sus preparaciones, a pesar de utilizar sólo 500 ciclos de termoenvejecimiento.

La hipótesis de este trabajo se corroboró porque las muestras se sometieron a tres años de uso en boca, en forma experimental. El estrés que sufrió el sistema adhesivo por acción del termociclado, rompió el sellado marginal de la articulación adhesiva, especialmente en la pared cervical. Lo que pudo comprobarse por el aumento en la penetración del colorante en la interface de las preparaciones. En similitud con los estudios publicados de

Daneshmehr y Pereyra. (Daneshmehr, 2013) (Pereyra, 2017) En su diseño experimental usaron 10.000 y 5.000 ciclos respectivamente.

Otros autores como Erdilek (Erdilek, 2009) evaluaron gran número de termociclados (50.000) asociado a ciclaje mecánico encontrando también, un aumento en la microfiltración marginal gingival. Si bien en su investigación se agrega el ciclaje mecánico, el mayor estrés podría haber influido en los valores de filtración marginal encontrado por el autor. Sin embargo, el presente estudio suma la variable estrés mecánico por lo que no puede vincularse estrictamente el estrés térmico con la filtración ya que este tipo de ensayos produce una flexión del elemento dentario que desarrolla la mayor intensidad de estrés en la zona cervical de la corona, y esto podría ser el fundamento de la mayor filtración encontrada en este estudio en las paredes cervicales. En coincidencia con el estudio de Erdilek, los resultados del presente estudio se produjo la mayor filtración en las paredes cervicales.

Coincidentemente con Molina Pulé (Molina Pulé, 2015) esta tesis no presenta variaciones en la filtración marginal de la articulación adhesiva cervical a 10.000 ciclos. Pero al aumentar la cantidad de ciclos (30.000) se demostró un aumento de la penetración del colorante. Lo que corrobora la hipótesis de este trabajo, que sostiene que el aumento de ciclaje térmico envejece la articulación adhesiva, produciendo un aumento de la filtración marginal en la pared cervical.

Los resultados de filtración cervical de Dutra y colaboradores (Dutra, 2023) y los de Falconi G (Falconi, 2016) coinciden con los de este trabajo ya que constataron más filtración a mayor cantidad de ciclos.

En esta investigación los valores de microfiltración marginal coinciden con los resultados de Ferracane (Ferracane, 2016) donde las tinciones de colorante se registraron en las paredes cervicales/gingivales.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Si bien el termociclado es un ensayo exigido por las normas ISO, deberían probarse nuevas líneas de investigación con mayor cantidad de ciclos, para evaluar el desempeño del sellado marginal a largo plazo de los materiales de restauración resinosos.

CAPÍTULO 9

Conclusiones

Con los alcances de esta investigación y en relación a los objetivos generales y específicos propuestos en este trabajo: podemos concluir que se ha probado la incidencia del ciclaje térmico sobre el color, la microdureza y la filtración de la interface diente-restauración de las resinas compuestas estudiadas.

El ciclaje térmico influyó sobre el color de ambas resinas usadas en este trabajo. Aunque ese cambio de tonalidad fue perceptible en ambos materiales estudiados (ΔE entre 0,6 y 1,6) continua siendo aceptable para restauraciones en boca. Tuvo mayor estabilidad la resina Filtek Z350 XT que el Spectra Smart aunque las variaciones de color no fueron estadísticamente significativas.

Se ha probado la influencia del ciclaje térmico en la disminución de la microdureza de ambos materiales en todos los regímenes de termoenviejecimiento, aunque los valores fueron estadísticamente significativos en los grupos de 20.000 y 30.000 ciclos para ambos materiales.

El termociclaje afectó el sellado marginal de las preparaciones de las muestras, presentando mayor filtración marginal la pared cervical de los grupos del material Spectra Smart.

No se presentó filtración en las paredes oclusales de ambos materiales, así como tampoco presentó filtración la pared cervical del material Filtek Z350 XT.

Los cambios de color de las resinas, la pérdida de microdureza y la filtración de las paredes cervicales sugieren que aún no se ha logrado el material ideal. La profesión odontológica debería extremar los protocolos adhesivos establecidos por la comunidad científica y los fabricantes, para minimizar los efectos propios que produce la exposición de las condiciones ambientales bucales en los materiales y no sumar mayores desafíos que podrían producirse por técnicas deficientes de colocación o manipulación .

El desafío para las investigaciones odontológicas futuras, es reformular la composición de los materiales restauradores, de manera que permanezcan inalterables en el ambiente bucal por periodos de tiempos mayores. En este sentido, la presente investigación aporta evidencia científica como base para cuantificar y dimensionar los efectos de las variaciones térmicas a las que están sometidas las restauraciones de resinas compuestas.

CAPITULO 10

BIBLIOGRAFÍA

Abanto Vázquez A, Ulloa T, Portales C, Curo Y. (2025). Influence of electronic cigarette vapour on the in vitro chromatic stability of different nanohybrid composite resins. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 12, pp. 136-143.

Abate P. (2003). Resinas Restauradoras Adhesivas. En: *Operatoria Dental, Estética y Adhesión*. Buenos Aires: Médica Panamericana, pp. 89-126.

Amaral F L. (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: A critical Review. *Journal of Esthetic Restorative Denistry*, 19, pp. 340-354.

Anusavice K. (2004). Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales Dentales. En: *Phillips Ciencia de los Materiales Dentales*. Madrid: Elsevier, pp. 41-102.

Anusavice K. (2004). Propiedades mecánicas de los materiales dentales. En: *Phillips Ciencia de los Materiales Dentales*. Madrid: Elsevier, pp. 72- 102.

Anusavice K, Shen C, Rawls HR. (2013). Physical and Chemical Properties of Solids. En: *Phillips Science of Dental Materials*. Missouri: Elsevier Saunders, pp. 30-47.

Araujo F. (2006). Influence of resin composite shade and location of the gingival margin on the microleakage of posterior restorations. *Operative Dentistry*, 24, pp. 556-561.

Ates G, Gungormus M. (2026). Efectos del envejecimiento térmico en las propiedades ópticas, superficiales, mecánicas y biológicas de los materiales dentales a base de polímeros CAD/CAM. *Polimers*. 18(6),760-779.

Atalay C, Ozgunaltay G, Yazici A. (2019). Thirty six month clinical evaluation of different adhesive strategies of a universal adhesive. *Clinical Oral Investigations*.

Badaoui Strazzi H, Passos Rocha E, Goncalves W, Herique dos Santos P. (2020). Influence of light-curing intensity on color stability and microhardness of composite resins. *Quintessence Publishing*, 40(1), pp. 129-134.

Bader Mattar M, Musalem M. (2014). Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. *Rev. Clin. Periodoncia Implanto. Rehab. Oral*, 7(3), pp. 115-122.

Baratieri L. (2011). Adhesión a los sustratos dentales. En: *Odontología Restauradora. Fundamentos y técnicas*. Sao Paulo: Santos Editora, pp. 97-119.

Barbosa de Souza F, Braz da Silva R. (2009). Durabilidad de la Línea de Unión de Restauraciones Adhesivas. *Acta Odontológica Venezolana*, 47(1), pp. 270-276.

Barrancos Mooney J. (2006). Histología Dentaria. En: *Operatoria Dental. Integración Clínica*. Buenos Aires: Panamericana, pp. 261-278.

Bicer Z, Yaman B, Celiksoz O, Tepe H. (2025). Evaluation of the color stability of dentin composites subjected to artificial aging procedures: immersion in different solutions, brushing, and thermal cycling. *Odontology*, 113, pp. 1.003-1.020.

Blumer L, Schmidli F, Weiger R, Fischer J. (2015). A Systematic Approach to Standardizing the Artificial Aging of Resin Composite Cements. *Dental Materials*, 31(7), pp. 855- 863.

Boldrini M. (2003). Cariología. En: *Operatoria Dental. Estética y Adhesión*. Buenos Aires: Grupo Guía, pp. 27-32.

Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano E. (2008). Dental Adhesion Review: aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24, pp. 90-101.

Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, Farracane J, Breschi L. (2019). The Role of Polymerization in adhesive dentistry. *Dental Materials*, 35, pp. e1-e22.

Carvalho R M. (2010). Durabilidad de la unión resina-diente: una dimensión olvidada. En: *Adhesión en Odontología Restauradora*. Madrid: Ripano, pp. 555-595.

Castro Fuentes L, Medina y Mendoza J, Huertas Mogollón G, Moscoso Sánchez M, García Rupaya C. (2018). Grados de Microfiltración Marginal Utilizando Adhesivos con técnica de grabado total y grabado selectivo del esmalte. *Revista Estomatológica. Herediana*, 28(3), pp. 153-159.

Choquecota N. (2022). *Efecto del Termociclado en la Microdureza Superficial de Cuatro Resinas Compuestas. Estudio in vitro*. Tesis. Universidad Alas Peruanas, pp. 1-66.

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) (2020). *CIE ISO/CIE 11664-2:2020*. [En línea] Disponible en: <https://www.techstreet.com/cie/standards/cie-iso-dis-11664-2-2020> [Consultado: 21 abril 2025].

Craig R. (1998). Propiedades Ópticas, Térmicas y eléctricas. En: *Materiales de Odontología Restauradora*. Madrid: Harcourt Brace, pp. 30-55.

Craig R, y Power J. (2002). Optical, Thermal and Electrical Properties. En: *Restorative Dental Materials*. St. Louis: Mosby, pp. 37-60.

Cristiani J, Devecchi J. (2016). Color: consideraciones en odontología e instrumentos para el registro. *RODYB*, V(2), pp. 10-15.

Daneshmehr L. (2013). Relationship Between Air Blowing Duration and Bond Strengths of Three Adhesive Systems to Dentin After thermal aging. *Dental Materials Journal*, 32(5), pp. 767-774.

Danishkazemi A. (2013). Effects of Mechanical and Thermal load cycling on Micro Tensile Bond Strength of Clearfil SE Bond to Superficial Dentin. *Dental Restorative Journal*, 10(2), pp. 202-209.

Deng D. (2013). Effects of Chlorhexidine on Bonding Durability of Different Adhesive Systems Using a Novel Thermocycling and Etching Time. *Australian Dental Journal*, pp. 148-155.

Dennison J B, Sarrett DC. (2012). Prediction and Diagnosis of Clinical Outcomes Affecting Restoration Margins. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39, pp. 301-318.

Didem Ö Ö, Kazak M, Cilingir A, Maryem G. (2016). Color Stability of Composites After Short-Term Oral Simulation: An in Vitro Study. *Operative Dental Journal*, 10, pp. 431-437.

Dietschi D. (2013). In Vitro Performance of Class I and II Composites Restorations: A Literature Review on Nondestructive Laboratory Trials Part I and II. *Operative Dentistry*, 38(5).

Dorfer C, (2000). The nanoleakage phenomenon: influence of different dentin bonding agent, thermocycling and etching time. *European Journal Oral Science*, pp. 346-351.

Dundage S, Kalasaiaha D, Mohan C, Narayana I, Shetty N, Ramesh P. (2025). An in vitro evaluation of the effect of accelerated aging on the color stability and marginal adaptation of two single-shade dental composites. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontic*. 28(12), pp. 1297- 1301.

Dutra N S, Baroudi K, Silva ASF, Laxe LAC, da Silva Concilio LR, Tribst JPM, Salvio LA. (2023). Effect of the Combination of Restorative Material and the Etching Protocol in Enamel Microleakage in Class II Cavities after Thermocycling. *Biomedical Research International*.

Duymuş E, KöroğluY. (2021). Evaluation of microhardness and surface roughness of bulk-fill restorative materials after thermocycling. *Journal of Dental Sciences*, 16(4), pp. 1.155-1.161.

Eliasson S, Dahl JE. (2020). Effect of Thermal Cycling on Temperature Changes and Bond Strength in Different Test Samples. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 7(1), pp. 16-24.

Erdilek D. (2009). Effect of Thermomechanical Load Cycling on Microleakage in Class IIOrmocer Restorations. *European Journal of Dentistry*, 3, pp. 200-206.

Falconi G, Grimaneza C, Velásquez B, Armas A. (2016). Evaluation of microleakage degree in composite resin restorations by comparing two adhesives systems after different aging periods. *Revista de la Facultad de Odontología de Antioquia*, 27(2), pp. 281-295.

Ferracane J. (2016). Model of Caries Formation around Dental Composite Restorations. *Journal of Dental Research*, pp. 1-8.

Fidan M, Yagci O. (2024). Effect of aging and fiber-reinforcement on color stability, translucency, and microhardness of single-shade resin composites versus multi-shade resin composite. *Journal Esthetic Restorative Dental*., 36, pp. 632-642.

Gabardo-Perez B, Da Rocha M, Pecho O, Branda L, Ruiz-López J, Pérez M. (2026). Effect of aging on color and whiteness of single shade

and group shade resin composites in restorations with different cavity configurations. *Dental Materials*, 42, pp. 618-627.

Gale M S, y Darvell B W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27, pp. 89-99.

Garcés-Vásquez G, Vidal Fernández J, Guajardo Guineo M. (2020). *Alteraciones en las propiedades de las resinas compuestas en el tiempo*. [Monografía]. *Scoping Review*, Universidad Andres Bello. <https://core.ac.uk/download/491659968.pdf>

Gerdolle D. (2008). Microleakage and Polymerization Shrinkage of Various Polymer Restorative Materials. *Journal of Dentistry for Children*, 2(75), pp. 125-133.

Ghavami-Kaguhu M, Firouzmanesh M, Gagheri H, Jafarzadeh Kashi T, Razazpour F, Behroozibakhsh M. (2018). The Effect of Thermocycling on the Degree of Conversion and Mechanical Properties of a Microhybrid Dental Resin Composite. *Restorative Dentistry & Endodontic*, 43(2), pp. 1-12.

Gudiño Fernández S. (2010). La Adhesión en la Prevención e Interceptación de las Lesiones Cariotas Incipientes: los Selladores. En: *Adhesión en Odontología Restauradora*. Madrid: Ripano, pp. 431-473.

Hameed H, Firouzmanesh M, Gagheri H, Jafarzadeh Kashi T, Razazpour F, Behroozibakhsh M. (2015). Microleakage in Resin Composite Restoration following Antimicrobial Pre-treatments with 2% Chlorhexidine and Clearfil Protect Bond. *Journal of International Oral Health*, 7(7), pp. 71-76.

Hegde M N, Hegde P, Chandra CR. (2012). Morphological evaluation of new total etching and self etching adhesive system interfaces with dentin. *Journal of Conservative Dentistry*, 15(2), pp. 151-155.

Henostroza Hero G. (2010). Perspectiva histórica. En: *Adhesión en Odontología Restauradora*. Madrid: Ripano, pp. 19-39.

Herrera Raya S, Sánchez F, Reyes G, Vázquez E, Guerrero J. (2018). Microfiltración en restauraciones de resinas realizadas con diferentes sistemas adhesivos. *Revista Odontológica Latinoamericana*, 8(2), pp. 41-45.

Hickel R, Mesinger S, Opdam N, Loomans B, Frankenberger R, Cadenaro M, Burgess J, Peschke A, Heintze S, Kuhnisch J. (2023).

Revised FDI criteria for evaluating direct and indirect dental restorations. *Clinical Oral Investigations*, 27, pp. 2573-2592.

Hidalgo Lostaunau R. (2008). Reacción de la Dentina a los Sistemas Adhesivos Resinosos: Aspectos Biológicos Relacionados y Biodegradación de la Capa Híbrida. *Revista Estomatológica Herediana*, 18(1).

Hirata R. (2014). Sistemas Adhesivos y Resinas Compuestas: el material. En: *Tips. Claves en Odontología Estética*. Buenos Aires: Panamericana, pp. 103-204.

Hockin H , Eichmiller F, Smith D, Schumacher G, Giuseppetti Antonucci J. (2002). Effect of thermal cycling on whisker-reinforced dental resin composites. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 13, pp. 875-883.

Iglesias M. (2015). Adhesión a la Estructura Dentaria. En: *Operatoria Dental. Avances Clínicos, Restauraciones y Estética*. Madrid: Médica Panamericana, pp. 259-267.

Jaiswal A S, Nikhade P, Chandak M, Khatod S, Rath C, Jaiswal J. (2020). Colour Stability of Composite - A Review. *Journal Evolution Medical & Dental Science*, 9(26), pp. 1928-1934.

Khashayar G, Bain P, Salari S, Dozic A, Kleverlaan C, Feilzer A. (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, pp. 637-644.

Koroushi M. (2012). Marginal Sealing Durability of Two Contemporary Self Etch Adhesives. *ISRN Dentistry*, pp. 1-8.

Lanata E. (2022). Mínima intervención: un cambio de paradigma. En: *Mínima intervención. Un cambio de paradigma*. Buenos Aires: El Ateneo, pp. 35-42.

Lawson N, Robles A, Fu C, Lin C, Sawlani K, Burgess J. (2015). Two-year clinical Trial of a Universal Adhesive in Total-Etch and Self-Etch mode in Non-Carious Cervical Lesions. *Journal of Dentistry*, 43, pp. 1229-1234.

Lima AF. (2019). Procedimientos Adhesivos. La Clave para la Longevidad Clínica. En: *Rehabilitación Estética Sector Anterior*. Barcelona: Quintessence, pp. 122-143.

Lopes RG. (2019). Influence of green tea extract in the color of composite resin restorations. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 100, pp. 1-5.

Macchi RL. (2004). Propiedades de los materiales. En: *Materiales Dentales*. Buenos Aires: Panamericana, pp. 13-33.

Macchi RL. (2006). Principios de Adhesión a Estructura Dentaria y Selección de Composites. En: *Operatoria Dental. Integración Clínica*. Buenos Aires: Panamericana, pp. 715-776.

Macías R, Menéndez Cuadro E, Gruezo K. (2025). Factores que influyen en la pigmentación de las resinas compuestas dentales. *Revista OCACTIVA Cuenca*, 10(1), pp. 21-31.

Maravankin F. (2008). *El color en odontología*. En Lanata E (Ed) Atlas de Operatoria Dental Buenos Aires: Alfaomega.(pp.97-142)

Matinlinna J, Lung C, Tsoi J. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials*, 34(1), pp. 13-28.

Mayekar S. (2012). Using Color to Create Restorations. En: *Contemporary Esthetic Dentistry*. St. Louis: Elsevier Mosby, pp. 161-167.

Molina Pulé C, García I, Aldas J, Falconi G, Armas A. (2015). Evaluación del grado de microfiltración en restauraciones de composite tras diferentes periodos de envejecimiento. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 27(1), pp. 76-85.

Montes Marcos D, Draughn R A. (1986). In vitro surface degradation of composites by water and thermal cycling. *Dental Materials*, 2, pp. 193-197.

Moosavi H, Mhammadipour HS, Ghavamnasiri M, Alizadeh S. (2015). Effect of bleaching and Termocycling on Resin-Enamel Bond Strength. *International Journal of Biomaterials*, Epub. 921425. <https://doi.org/10.1155/2015/921425>

Morresi A, D'Amario M, Monaco A, Rengo C, Grassi F, Capogreco M. (2014). Thermal cycling for restorative materials: Does a Standardized protocol exist in laboratory testing? *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, pp. 295-308.

Nakata T, Fujita M, Nagano F, Noda M, Sano H. (2007). Effect of a new cycling method on bond strength of two-step self-etching adhesive systems. *Dental Materials Journal*, 26(5), pp. 635-641.

Nurrohman H. (2012). Dentin Bonding Performance and Ability of Four MMA-Based Adhesive Resins. *Journal Adhesive Dental*, pp. 339-348.

O'Brien WJ. (2002). Comparison of Metals, Ceramics and polymers. En: *Dental Materials and Their Selection*. Canadá: Quintessence Books.

Oliveira Araujo F. (2008). Un Camino para la "Excelencia" Estética. En: *Nuevas Tendencias. Odontología Estética*. Sao Paulo: Artes Médica Ltda, pp. 141-162.

Paravina R, Ghinea R, Herrera L, Bona A, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Takahashi E, Perez M. (2015). Color Difference Thresholds in Dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), pp. 1-59.

Paravina R, Pérez M, Ghinea R. (2019). Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review. *Journal Esthetic Restorative Dental*, 31, pp. 103-112.

Perdigão J, Araujo E, Ramos R, Gomes G, Pizzolotto L. (2011). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal Esthetic Restorative Dental*, 33, pp. 51-68.

Pereyra J. (2017). Effect of Thermocycling and Varying Polymerization Techniques on the Restorative Interface. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(3), pp. 405-409.

Pfeifer C. (2006). Influence of Cavity Dimensions, Insertion Technique and Adhesive System on Microleakage. *Journal of American Dental Association*, pp. 197-202.

Pignata E. (2015). Importancia de la interfaz dentina-adhesivo en la longevidad de las restauraciones adheridas. *RODYB*, IV(1), pp. 34-42.

Piguillem Brizuela F, Di Mauro M, Montoro M, Lombardo N. (2022). Adhesión a Dentina Parte I Características del Sustrato y Sistemas Adhesivo. *Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Buenos Aires*, 3(87), pp. 25-33.

Pinna R, Usai P, Filigheddu E, Garcia-Godoy F, Milia E. (2017). The role of adhesive materials and oral biofilm in the failure of adhesive resin restorations. *American Journal of Dentistry*, 30(5), pp. 232-292.

Polo C G. (2013). *Estudio in Vitro sobre la Estabilidad Cromática de las Resinas Compuestas Dentales*. Tesis. Universidad de Salamanca Repositorio, 1, pp. 1-208.

Re D, Cerutti A, Mangani F, Putignano A. (2009). Los Materiales Utilizados en las técnicas Restauradoras Indirectas. En: *Restauraciones Estéticas Adhesivas Indirectas*. Venezuela: Amolca, pp. 15-32.

Rodríguez Dorgia E. (2006). La luz, el color y su percepción. En: *Estética en Odontología Restauradora*. Madrid: Ripano, pp. 53-74.

Rodríguez Dorgia E, Pereyra N. (2008). Evolución y Tendencias Actuales en Resinas Compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), pp. 381-392.

Roque J. (2023). Composición de las Resinas Compuestas de uso directo en Operatoria Dental en el siglo XXI. *RODYB*, 12(2), pp. 15-23.

Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. (2007). Color Stability and Degree of Cure of direct Composite Restoratives after Accelerated Aging. *Operative Dentistry*, 32(4), pp. 406-411.

Sarret D. (2005). Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composites restorations. *Dental Materials*, pp. 9-20.

Silva J, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. (2022). Estabilidad del color de una nanocerámica de resina después de tratamientos superficiales. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(3), pp. 498.e1-498.e8.

Siso H, Kustarci A, Goktolga E. (2009). Microleakage in Resin Composite Restorations After Antimicrobial Pre-treatments. *Operative Dentistry*, 34(3), pp. 321-327.

Soliman S. (2016). Influence of Cavity Margin Design and Restorative Material on Marginal Quality. *Journal of Adhesive Dental*, 18, pp. 7-16.

Spencer P, Ye Q, Park J, Topp E, Misra A, Marangos O, y otros. (2010). Adhesive/Dentin Interface: The Weak Link in the Composite Restoration. *NIH Public Access*, 38(6), pp. 1-24.

Sulaiman T, Suliman A, Mohamed E, Rodgers B, Altak A, Johnston W. (2020). Optical properties of bisacryl, composite, ceramic resin restorative materials: an aging simulation study. *Journal Esthetic and Restorative Dentistry*, pp. 1-6.

Szczesio-Wlodarczyk A, Sololowski J, Kleczewska J. (2020). Ageing of dental composites based on methacrylate resins. *Polymers*, pp. 1-18.

Tay F. (1995). Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique. *Journal Dental Restorative*, 74(5), pp. 1168-1178.

Trowbridge H, Kim S. (1999). Desarrollo de la pulpa, estructura y función. En: *Vías de la pulpa*. Madrid: Harcourt, pp. 362-400.

Tsujimoto A, Barkmeier W, Takamizawa M, Latta A, Miyazaki M. (2018). Influence of Thermal Cycling on Flexural Properties and Simulated Wear. *Operative Dentistry*, 43(4), pp. 380-390.

Tuncer S, Demirci M, Tiryaki M, Üllü N, Uysal O. (2013). The effect of a modeling resin and thermocycling on the surface hardness, roughness, and color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(6), pp. 404-419.

Uctasli M B, Garoushi S, Uctasli M, Vallittu P, Lassila L. (2023). Una evaluación comparativa de la estabilidad del color entre varios compuestos de resina comerciales. *Salud Bucal de BMC*, 23, pp. 1-11.

Van Landuyt K, Kanumilli J, De Munck M, Peumans P, Lambrechts P, Van Meerbeek B. (2006). Bond Strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *Journal of Dentistry*, 34, pp. 77-85.

Van Noort R. (2013). Principles of adhesion. En: *Introduction to Dental Materials*. Toronto: Elsevier Mosby, pp. 51-58.

Van Noort R. (2013). Structure of Polymers. En: *Introduction to Dental Materials*. Toronto: Mosby Elsevier, pp. 23-30.

Weir M, Moreau J, Levine E, Strassler E, Chow L, Xu H. (2012). Nanocomposite containing CaF₂ nanoparticles: Thermal cycling, wear and long term water aging. *Dental Materials*, pp. 642-652.

Wood E. (2014). *Análisis comparativo in vitro del grado de filtración marginal de restauraciones de resinas compuestas*. [En línea] Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130294> [Último acceso: julio 2025].

Yan-Fang R, Feng L, Serban D, Malmastron H. (2012). Effect of common beverage colorant on color stability of dental composites resin. *Journal of Dentistry*, 40S, pp. e48-e56.

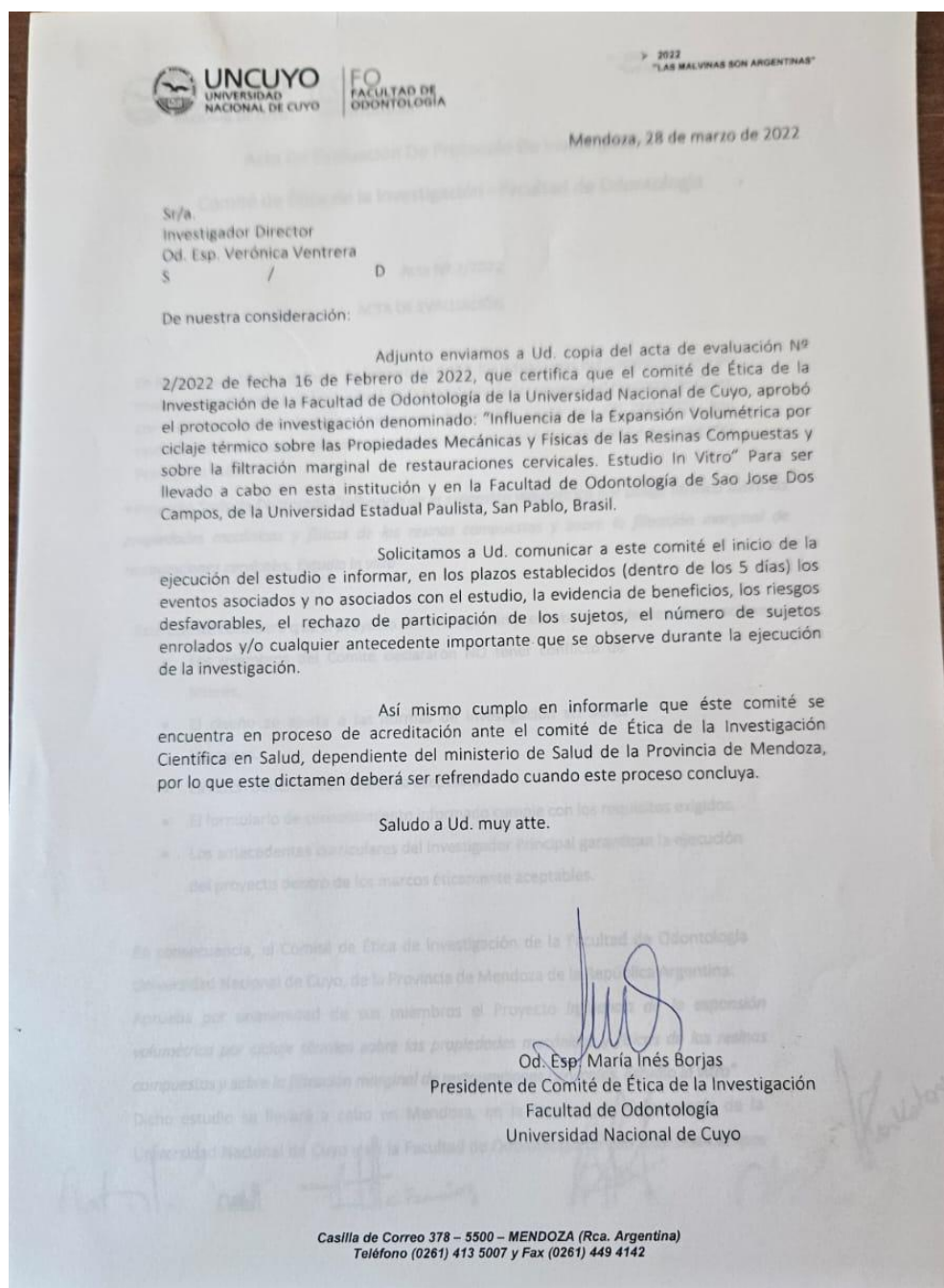
Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

Zambrano F, Camejo Aguilar D. (2008). Efectividad de los adhesivos de autograbado sobre el esmalte dental. *Revista de la Asociación Argentina de Odontología*, XLVII(2), pp. 30-36.

Zaracho D, Figueroa C, Aguilera R. (2017). Evaluación de la Microdureza Superficial de Resinas Compuestas. *International Journal of Medical and Surgical Sciences*, 4(3), pp. 1203-1208.

Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

ANEXOS



Influencia del ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales.
Estudio in vitro

1

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

2022
"LAS MALUMAR SON ARGENTINAS"

Acta De Evaluación De Protocolo De Investigación
Comité de Ética de la Investigación - Facultad de Odontología

Acta Nº: 2/2022
ACTA DE EVALUACIÓN

En Mendoza, a 16 días del mes de febrero de 2022, los integrantes del Comité de Ética de Investigación Científica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, con asistencia de los siguientes miembros designados según res. CD 260/2021, han revisado los documentos presentados por la Od. Esp. Verónica VENTRERA Investigador Principal, a saber:

- Proyecto Tesis de Doctorado *"Influencia de la expansión volumétrica por ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales. Estudio in vitro"*

Este Comité considera que el proyecto de Investigación presenta las siguientes observaciones

- Los miembros del Comité declararon NO tener conflicto de Interés.
- El diseño se ajusta a las normas de Investigación en Seres Humanos.
- La razón beneficio fue estimada aceptable.
- El formulario de consentimiento informado cumple con los requisitos exigidos.
- Los antecedentes curriculares del Investigador Principal garantizan la ejecución del proyecto dentro de los marcos éticamente aceptables.

En consecuencia, el Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología Universidad Nacional de Cuyo, de la Provincia de Mendoza de la República Argentina:

Aprueba por unanimidad de sus miembros el Proyecto *Influencia de la expansión volumétrica por ciclaje térmico sobre las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas y sobre la filtración marginal de restauraciones cervicales. Estudio in vitro"*

Dicho estudio se llevará a cabo en Mendoza, en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo y en la Facultad de Odontología de San José Dos Campos

[Firmas]

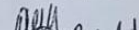
Estudio in vitro

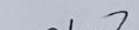


FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

➤ 2022
"LAS MALVINAS SON ARGENTINAS"

BULHER BORGES codirectora del proyecto de tesis




Richard
 Ruiz A. M.
 C. M. M.
 S. M. M.
 S. M. M.