



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA
FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES TEMPERATURAS
A 4380 m s.n.m. IN VITRO**

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Odontología

Autor

Solis Condor, Gilmer Neker

Asesor

Mendoza Lupuche, Román

ORCID: 0000-0003-2089-8965

Jurado

Mauricio Valentín, Franco Raúl

Mendoza Murillo, Paúl Orestes

Munayco Magallanes, Américo Alejandro

Lima - Perú

2025

MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES TEMPERATURAS A 4380 m s.n.m. IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

vdocuments.com.br

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Catolica de Santo Domingo

Trabajo del estudiante

1%

5

Submitted to Universidad Cientifica del Sur

Trabajo del estudiante

1%

6

www.scielo.sa.cr

Fuente de Internet

<1%

7

sinia.minam.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

<1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA
FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES
TEMPERATURAS A 4380 m s.n.m. IN VITRO**

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Grado Académico de
Doctor en Odontología

Autor

Solis Condor Gilmer Neker

Asesor

Mendoza Lupuche, Román

ORCID: 0000-0003-2089-8965

Jurado

Mauricio Valentín, Franco Raúl

Mendoza Murillo, Paúl Orestes

Munayco Magallanes, Américo Alejandro

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA:

A Teodora y Bonifacio, mis padres.

A Alessandro, mi mayor bendición.

A Ricardina, Jorge, César, Javier,
Miguel y Elizabeth,

compañeros en el camino por la vida.

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Nacional Federico Villareal por la oportunidad de seguir formándome.

A mi asesor, el Dr. Román Mendoza Lupuche, por su acompañamiento y dedicación en el desarrollo del presente estudio.

A mis compañeros de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por su apoyo continuo

A los integrantes de la clínica Odontológica, SoliDent, Cerro de Pasco. Por su motivación y ayuda permanente en el desarrollo del presente estudio

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Descripción del problema.....	6
1.3. Formulación del problema	7
1.3.1. Problema general	7
1.3.2. Problemas específicos.....	7
1.4. Antecedentes	8
1.5. Justificación de la investigación:.....	18
1.6. Limitaciones de la investigación:.....	19
1.7. Objetivos	19
1.7.1. Objetivo general	19
1.7.2. Objetivos específicos	19
1.8. Hipótesis.....	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Marco conceptual	21
2.1.1. Resina compuesta	21
2.1.2. Clasificación de la Resina Compuesta.....	21
2.1.3. Propiedades Mecánicas.....	23
2.1.4. Microdureza Superficial	24

2.1.5. Polimerización de la resina compuesta.....	24
2.1.6. Precalentamiento y Polimerización	25
2.1.7. Calentamiento de la resina compuesta.....	30
III. MÉTODO	35
3.1. Tipo de investigación	35
3.2. Población y muestra	35
3.3. Operacionalización de variables.....	35
3.4. Instrumentos	36
3.5. Procedimientos.....	36
3.5.1. Confección de los especímenes	36
3.5.2. Precalentamiento de las resinas compuestas	37
3.5.3. Preparación de los especímenes	37
3.5.4. Prueba de Microdureza.....	38
3.6. Análisis de datos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	45
VI. CONCLUSIÓN.....	50
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS	52
IX. ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Prueba de normalidad de datos	39
Tabla 2 Prueba de homocedasticidad de las varianzas.....	40
Tabla 3 Media de la microdureza superficial de las resinas compuestas	40
Tabla 4 Prueba ANOVA de la microdureza superficial entre grupos de estudio.....	42
Tabla 5 Comparación de microdureza superficial por pares de grupos. Prueba de Tukey	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Promedios de la microdureza superficial de la resina compuesta	41
--	----

RESUMEN

Objetivo: Determinar la diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.

Materiales y métodos: Este estudio experimental *in vitro*, usó el composite de nanorelleno Filtek Z350XT(ESPE) elaborando un total de 40 especímenes divididos en 4 grupos de 10 cada una. Se utilizó un dispositivo de calentamiento AR Heater. El dispositivo funcionó durante 30 minutos para alcanzar la temperatura planificada de 40°C, 50°C y 70°C; se colocó el tubo de la jeringa de la resina durante 20 minutos para alcanzar la temperatura programada. Se retiró la jeringa y se aplicó inmediatamente en un incremento dentro de la placa fabricada, Las muestras se fotopolimerizaron durante 10 segundos utilizando la lampara Bluephase N de Ivoclar-Vivadent. La intensidad de la luz utilizada fue de 1200 mW/cm². **Resultados:** Se encontró que el grupo 4 (70 °C), evidenció diferencias estadísticamente significativas con el grupo 1, grupo polimerizado a temperatura ambiente (13°C), y también mostro diferencia estadística significativa con el grupo 2 (40°C). Mientras que no se encontró diferencias significativas con el grupo 3, quienes fueron previamente termoplastificados a 60°C. **Conclusiones:** Los especímenes que fueron termoplastificados a 70°C (60.77 ±5.65) mostró una microdureza superficial significativamente mayor al grupo 1 (53.09 ±5.11) y 2 (53.62 ± 5.05); no observándose esa diferencia estadísticamente significativa con el grupo 3 (55.76 ± 4.51)

Palabras clave: resina, termoplastificación, microdureza, fotopolimerización

ABSTRACT

Objective: To determine the difference in the surface microhardness of a photopolymerized composite resin, thermoplasticized at different temperatures at an altitude of 4380 m s.n.m.

Materials and methods: This experimental in vitro study used the Filtek Z350XT nanofiller composite (ESPE) and produced a total of 40 specimens divided into 4 groups of 10 each. An AR Heater heating device was used. The device operated for 30 minutes to reach the planned temperature of 40°C, 50°C and 70°C; The resin syringe tube was placed for 20 minutes to reach the programmed temperature. The syringe was removed and immediately applied in an increment within the fabricated plate. The samples were photopolymerized for 10 seconds using the Ivoclar-Vivadent Bluephase N lamp. The intensity of the light used was 1200 mW/cm². **Results:** It was found that group 4 (70 °C) showed statistically significant differences with group 1, group polymerized at room temperature (13°C), and also showed a statistically significant difference with group 2 (40°C). While no significant differences were found with group 3, who were previously thermoplasticized at 60°C. **Conclusions:** Specimens that were thermoplasticized at 70°C (60.77 ± 5.65) showed a significantly higher surface microhardness than group 1 (53.09 ± 5.11) and 2 (53.62 ± 5.05); this statistically significant difference was not observed with group 3 (55.76 ± 4.51)

Keywords: resin, thermoplasticization, microhardness, photopolymerization.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Con el advenimiento de las mejoras en los materiales y técnicas de adhesión, la odontología está teniendo un vertiginoso cambio en su práctica diaria, dando un protagonismo excepcional al uso de la resina compuesta, estas, están teniendo un uso clínico y laboratorio cada día más extenso debido a sus características muy favorables como el buen mimetismo a la estructura dental y con ello un buen resultado estético, asimismo es un material de fácil manipulación y excelentes propiedades físicas y químicas. Llegando a ser comparables con la estructura dentaria;

El aprovechamiento de las buenas propiedades de la resina compuesta depende en gran medida del fenómeno de la polimerización; las resinas compuestas contienen grupos de monómeros que una vez fotoactivados forman cadenas y redes de polímeros generando una estructura sólida. Durante este proceso hay un grado de conversión de los monómeros, el cual alcanza en promedio un 70%, y con ello se acompaña de un nivel de cambio volumétrico de la resina compuesta, éste, alcanza una magnitud que varían entre 2.7 % a 7.1 %. (Xue & Yang, 2019, p. 4).

La Resina compuesta Filtek Z-350 de acuerdo con el perfil técnico del producto está diseñado para ser usado a una temperatura ambiental de 21 – 24°C, temperatura con el cual logra adecuadas propiedades físicas que asegura su éxito clínico. Esto representa un problema bastante llamativo en ciudades como Cerro de Pasco ubicada a 4380 m s.n.m donde la temperatura promedio, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020), en el día alcanza a 13°C. temperatura en el cual la viscosidad de la resina aumenta, comprometiendo su manejo y el resultado clínico a largo plazo.

El precalentamiento de la resina compuesta está ganando popularidad entre los profesionales odontólogos debido a la mejora del manejo del material, ya que aumenta su fluidez, con lo que la manipulación es más fácil y más predecible. Los compuestos de resina con precalentamiento tienen un efecto positivo en la polimerización de monómeros multifuncionales que son el componente principal de los materiales de restauración dentales a base de metacrilato. Además, la movilidad de los radicales libres y los monómeros se ha mejorado al aumentar la temperatura interna del material antes de la polimerización y, como consecuencia, se produce una mayor tasa de conversión, lo que a su vez da como resultado propiedades mecánicas, físicas y superficiales mejoradas de las resinas compuestas, como una mayor tenacidad a la fractura y una mayor dureza de la superficie.(Elkaffass et al., 2020, p.2)

En los últimos años se han incrementado trabajos de investigación que buscan datos que demuestren que el precalentamiento de las resinas compuestas mejora su performance en cuanto a la microdureza superficial; en esa dirección, realizó un trabajo de investigación donde se termoplastificó el composite a 0 °C, 10°C, 20 °C, 30 °C y 40 °C y a diferentes tiempos de climatización de 0, 10, 20 y 30 min, componiéndose cada grupo de 5 especímenes; encontró que el aumento la temperatura de termoplastificación se correlaciona con el nivel de microdureza superficial, observándose que en el grupo de 0°C la microdureza alcanzó un promedio de 83.62 ± 2.65 en la superficie; el grupo de 10°C alcanzó una microdureza promedio de 85.18 ± 1.87 ; asimismo el grupo termoplastificado a 20°C alcanzó un promedio de dureza superficial de 92.34 ± 2.81 ; el grupo termoplastificado a 30°C alcanzó un microdureza superficial de 94.16 ± 1.56 y el grupo termoplastificado a 40°C alcanzó una microdureza promedio de 94.6 ± 2.05 en la superficie.

Termoplastificar la resina compuesta, sobre todo cuando la temperatura ambiental es baja mejoraría las previsibilidad de los tratamientos realizados con materiales resinosos, aunque la composición y la microestructura de las resinas compuestas son responsables de las

propiedades mecánicas del mismo; el rendimiento clínico adecuado junto con las propiedades mecánicas mejoradas de los composites de resina depende básicamente del proceso de polimerización, un fenómeno dependiente de muchos factores, entre la que debemos destacar al temperatura interna del material. A pesar de las propiedades mecánicas mejoradas, la fractura de masa se considera una de las dos preocupaciones principales de las restauraciones de composite, y la otra es la caries secundaria. (Tantbirojn et al., 2011, p.4)

En el Perú debido a sus características geográficas, las ciudades presentan diferentes temperaturas ambientales que dependen de la estación y la ubicación geográfica. Por lo cual, en regiones de temperaturas bajas, el material se mantiene a temperatura ambiente bajo esas condiciones. Cerro de Pasco es considerada como una de las ciudades más elevadas del mundo y la segunda más elevada de Perú ya que se encuentra localizada a más de 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar, lo que condiciona a tener temperaturas ambientales y condiciones climatológicas más frías que podría comprometer la polimerización de los materiales resinosos ya que su temperatura ambiental está por debajo de la temperatura de uso de las resinas compuestas recomendado por el fabricante.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, los clínicos que trabajan en ciudades con temperaturas ambientales bajas pueden considerar precalentar el compuesto de resina, no solo para aumentar las características de manejo, sino también con la expectativa de que las propiedades mecánicas mejoren. Las propiedades mecánicas de los compuestos de resina precalentados deben evaluarse para comprender el efecto del calor sobre la capacidad del material compuesto de resina para resistir la fractura y el desgaste, así como contra las fuerzas de masticación en condiciones de altura y diferentes temperaturas.

1.2. Descripción del problema

Una observación empírica de las restauraciones con composite realizadas en la ciudad de Cerro de Pasco, nos permite descubrir que no tienen una longevidad esperada, estas restauraciones muestran un cambio de color muy rápido, así como su desgaste se ve muy acelerado, y con ello su éxito su éxito clínico. Esto representa un problema de salud muy urgente de atacar y debemos realizarlo desde varios frentes, como el uso de materiales adecuados, terminar la restauraciones con un pulido adecuado, y de manera especial mejorando las características de su polimerización, ya que, como lo recomienda los fabricantes de la resina, para que alcancen su mejores propiedades mecánicas, estas deben ser utilizadas a una temperatura media ambiental de 21°C a 24°C; en Cerro de Pasco la temperatura alcanza valores mucho menos que ellos y muchas veces utilizamos la resina compuesta en esas temperaturas.

La mayoría de los trabajos de investigación sobre el calentamiento de las resinas compuestas antes de su polimerización fueron realizadas en ciudades ubicadas a nivel de mar, o que no sobrepasan los 500 msnm, en esos trabajos se han encontrado resultados variables sobre la microdureza superficial, por ejemplo, Elkaftass et al. (2020), realizó un estudio en Mausoura-Egipto, con el objetivo de evaluar el efecto del precalentamiento sobre la propiedades mecánicas y superficiales de resinas compuestas de nanorelleno, estudiando la microdureza superficial, además de la resistencia a la fractura y la rugosidad superficial de un compuesto de resina Filtek Z 350 XT. Para. Encontró que el composite que no tuvo la termoplastificación alcanzó una dureza superficial de 70.19 ± 2.74 , y los especímenes del grupo que recibió termoplastificación alcanzaron una dureza de 70.06 ± 1.77 ; no encontrándose diferencias significativas entre ambos grupos. (p.4)

Por otro lado, en otro estudio realizado por Quintanilla (2016) en la ciudad de Lima-Perú, comparó la microdureza superficial de la resina compuesta, fotoactivada a diferentes

temperaturas y diferentes tiempos de climatización, para el cual utilizó especímenes de resina compuesta Filtek Z350XT; encontró que en la medida que se aumenta la temperatura de termoplastificación también aumenta el promedio de microdureza superficial, observándose que en el grupo de 0°C la microdureza alcanzó un promedio de 83.62 ± 2.65 en la superficie; el grupo de 10°C alcanzó una microdureza promedio de 85.18 ± 1.87 ; asimismo el grupo termoplastificado a 20°C alcanzó un promedio de dureza superficial de 92.34 ± 2.81 ; el grupo termoplastificado a 30°C alcanzó un microdureza superficial de 94.16 ± 1.56 y el grupo termoplastificado a 40°C alcanzó una microdureza promedio de 94.6 ± 2.05 en la superficie. Dando luces para el uso de la termoplastificación como un medio para lograr mejores niveles de microdureza superficial, y con ello favoreciendo su desempeño clínico. (p. 28)

En la ciudad de Cerro de Pasco, los veranos son cortos, frescos y nublados y los inviernos son largos, muy fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 13 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 16 °C, estas condiciones climatológicas generan un ambiente trabajo frío para los clínicos en el manejo de resinas compuestas, por lo que la incorporación de dispositivos de calentamiento de resinas en la práctica habitual sería una contribución en la mejora de la práctica clínica.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Existe diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 13 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.?

- ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 40 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.?
- ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 50 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.?
- ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 70 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.?
- ¿Existe diferencia en la microdureza superficial de las resinas compuestas fotopolimerizadas, termoplastificada previamente a 13°C, 40°C, 50°C y 70 °C, a una altitud de 4380 msnm?

1.4. Antecedentes

Elkaffas et al. (2019) evaluaron el efecto del precalentamiento sobre la microdureza, la tenacidad a la fractura y la rugosidad de la superficie de los compuestos de resina nanorellenos. Se utilizó un compuesto de resina de nanorelleno Filtek Z350 XT. Se elaboraron un total de 28 muestras en forma de disco en moldes de teflón de 10 mm diámetro por 2 mm de grosor. Para someter a la prueba de microdureza Vickers y la prueba de rugosidad de la superficie. Las muestras se dividieron en dos grupos de 14 muestras cada uno: un grupo de muestras se fotopolimerizó a temperatura ambiente (24°C) sin precalentamiento (grupo sin calentar) y el otro grupo se fotopolimerizó después del precalentamiento (grupo precalentado). Las mediciones de dureza Vickers de 14 muestras ($n = 7$) calentadas o no calentadas de las superficies superior e inferior se midieron por medio de un probador de microdureza aplicando una carga de 100 g durante 10 s. Las medidas de rugosidad de la superficie (R_a) se obtuvieron a partir de 14 muestras ($n = 7$) precalentadas o no calentadas con el microscopio de fuerza atómica. Se prepararon catorce probetas de viga entallada de un solo borde para el ensayo de tenacidad a la fractura ($n = 7$) precalentadas o no calentadas con medidas (2,5 x 5 x 25 mm³)

y una fisura de 2,12 mm de longitud. Las muestras se probaron mediante el modo de flexión de tres puntos, utilizando una máquina de prueba universal a una velocidad de la cruceta de 1,0 mm / min hasta que se produjo la falla. Las pruebas T de muestras independientes no revelaron diferencias significativas entre los grupos no calentados y precalentados para todas las pruebas ($p > 0,05$). Sin embargo, en la prueba de dureza Vickers, hubo diferencias significativas entre las superficies superior e inferior para los grupos no calentados y precalentados ($p < 0,05$). Además, los valores medios de la rugosidad superficial Ra (nm) promedio del grupo precalentado fueron más altos que los del grupo no calentado, pero no se encontraron diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). los procedimientos de precalentamiento no tienen un impacto negativo en la microdureza, la tenacidad a la fractura y la rugosidad de la superficie de los compuestos de resina de nanorellenos, y se recomienda el precalentamiento debido a otros posibles beneficios clínicos.

Erhardt et al. (2020) examinaron los efectos de diferentes esquemas de modulación de compuestos resinosos (precalentamiento, tiempo de fotopolimerización y adición de oligómeros) para técnicas de llenado a granel sobre el estrés de polimerización de la resina, el cambio de temperatura intrapulpar y la transformación in vitro. Se prepararon cavidades de clase I en 48 terceras molares extraídos cuya profundidad alcanzó 4 mm y el diámetro fue de 5 mm, que se dividieron en 6 grupos. Las restauraciones se realizó por incremento, según los siguientes grupos: (1) Filtek Z250XT (temperatura ambiente – activación de 20 s); (2) Filtek Z250XT (a temperatura ambiente, activación 40 s); (3) Filtek Z250XT (precalentado a 68 °C – activación 20 s); (4) Filtek Z250XT (precalentado a 68 °C – activación 40 s); (5) Filtek BulkFill (a temperatura ambiente, activación 20 s); (6) Filtek Z250XT (modificado mediante la adición de un oligómero de tiouretano a temperatura ambiente, activado durante 40 s). La prueba de emisión acústica se utilizó como una evaluación del estrés de polimerización instantáneo (PS) en tiempo real. Se utilizó un termopar para registrar los cambios de

temperatura en la pulpa dental y se midió el grado de conversión (CD) descendente/ ascendente se midió mediante espectroscopía Raman. El precalentamiento de la resina compuesta no tuvo efecto en la temperatura intrapulpar ($p = 0,077$). Los compuestos que contienen tiouretano tuvieron PS significativamente más bajos debido a menos eventos acústicos. Los grupos que utilizaron compuestos precalentados no produjeron PS significativamente diferentes. Filtek BulkFill y los compuestos experimentales de tiouretano tienen CD significativamente más alta. El precalentamiento de los composites de resina no reduce la tensión de polimerización en las restauraciones directas. Sin embargo, la adición de tiouretano a un compuesto de resina podría reducir el estrés de polimerización al momento que aumenta la CD. (Erhardt et al., 2020, p.7)

Dias, et al. (2020) evaluaron el efecto de diferentes métodos de polimerización sobre la microdureza de las resinas compuestas. Se elaboraron 150 muestras de resina compuesta utilizando una matriz de acero de dos capas de cuyo diámetro fue de 4mm y en espesor 2mm. Se examinaron cinco resinas compuestas: Brilliant Everglow , Filtek One BulkFill, Filtek P60, Filtek Z350XT, Filtek Z250XT de los cuales se evaluaron tres tipos de resina. Fotopolimerización solo ($n = 50$); fotopolimerización + termopolimerización en autoclave ($n = 50$) y fotopolimerización + termopolimerización por microondas ($n = 50$). Cada muestra se sometió a tres cargas utilizando la prueba microdureza Vickers, aplicando una carga de 300gf durante 15 segundos. Los datos estadísticos se analizaron de forma descriptiva, desviación estándar y coeficiente de variación mediante la prueba F (ANOVA) para la comparación entre grupos. Los valores medios de microdureza Vickers más altos se obtuvieron del grupo de control (fotopolimerización solamente) en las resinas P60 (82,16) y Z250 XT (79,61). la resina Brilliant Everglow tuvo la media más baja de todos los métodos de polimerización evaluados. fotopolimerización (37,32), polimerización con microondas (43,80) y polimerización en autoclave (45,12), seguido de resina Bulk Fill 3M, con un rango de 52,23 a 59,15. Se concluyó los métodos de termopolimerización en autoclave y microondas mostraron un comportamiento

similar en términos de microdureza de los composites. Considerando el tipo de resina, hubo un comportamiento diferente respecto a la termopolimerización, aumentando los valores de microdureza para las resinas Brilliant Everglow y Filtek One Bulkfill y disminuyéndolos para las resinas Filtek P60, Filtek Z350XT y Filtek Z250XT.(Elkaffass et al., 2020 p. 5)

Mohammadi et al. (2016) determinaron el efecto del precalentamiento en las propiedades mecánicas de dos tipos de composites. Para tal efecto precalentaron un compuesto a base de silorano y uno a base de metacrilato (Z250) a diferentes temperaturas (25, 37 y 68 °C) y luego se probaron con equipos adecuados para cada prueba. Se evaluaron la resistencia a la flexión, así como el módulo de elasticidad y la microdureza Vickers de las resinas. Los datos se analizaron mediante ANOVA bidireccional y post hoc de Tukey. La microdureza y el módulo de elasticidad aumentaron con el precalentamiento, a diferencia que los valores de resistencia a la flexión no aumentaron con el precalentamiento. Además, el compuesto a base de metacrilato (Z250) mostró valores más elevados en comparación con el compuesto a base de siloxano (Silorane) El precalentamiento de Silorane mejora la microdureza y el módulo elástico de la resina compuesta pero no afecta su resistencia a la flexión. Mientras, el precalentamiento del Z250 aumenta su microdureza, pero no modifica su resistencia a la flexión ni su módulo elástico. Además, el compuesto Z250 presenta mayor microdureza y resistencia a la flexión que Silorane, pero los valores del módulo elástico con precalentamiento son similares cuando se calentaba. Se concluyó que el compuesto Z250 parece tener mejores propiedades mecánicas, lo que lo convierte en la mejor opción en situaciones clínicas.

Sharafeddin et al. (2015) compararon de manera in vitro la resistencia a la flexión así como módulo elástico de compuestos nanohíbrido a base de silorano, a 4°C temperatura ambiente (25°C) y 45°C. Se elaboraron 60 muestras en un molde de metal partido (2 × 2 × 25 mm). Se analizaron dos compuestos de resina diferentes, Filtek Z250 XT (3M / ESPE) y Filtek P90 (3M / ESPE). Los compuestos se colocaron en moldes partidos a temperatura ambiente, 4

° C o 45 ° C y se fotocuró con una lámpara LED (1200 mW / cm (2)) durante 20 segundos en cuatro puntos (n = 10). Luego, se realizó una prueba de flexión de tres puntos utilizando una máquina de prueba universal de 0,5 mm / min para medir la resistencia a la flexión. La información fue analizada mediante ANOVA de dos vías y prueba de Tukey ($p < 0.05$). La resistencia media a la flexión más alta se observó a 45°C, mostrando una diferencia estadística significativamente con la resistencia a la flexión a 4°C ($p = 0,0001$) y 25°C ($p = 0,003$) independientemente del tipo de resina. El módulo de flexión a 45 ° C fue el más alto, mostrando la diferencia estadísticamente significativa con el módulo de flexión a 4 ° C ($p = 0,0001$) y 25°C ($p=0,002$). El módulo de flexión fue estadísticamente diferente entre el composite nanohíbrido y el composite a base de silorano ($p = 0.01$) en 25°C y 45°C, lo cual no hubo diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia a la flexión de Filtek Z250 XT y Filtek P90 independientemente de las temperaturas ($p = 0,062$). El precalentamiento del compuesto de resina a 45 ° C mejora la resistencia a la flexión de resinas compuestas nanohíbridas a base de silorano. Dado que la resistencia a la flexión y el módulo de los compuestos probados no variaron por el preenfriamiento. El módulo de flexión del compuesto de resina nanohíbrida fue significativamente mayor que el del compuesto de resina a base de silorano a temperaturas de 25 ° C y 45 ° C.

Theodoridis et al. (2017) evaluaron el efecto del precalentamiento y el efecto sobre la microdureza superficial de los composites a base de silorano. Se evaluaron tres colores de dos tipos diferentes de composites: un composite a base de silorano y un composite a base de metacrilato. Los materiales compuestos se utilizaron a 23 ° C y después a 55 ° C previo precalentamiento. Se fabricaron cinco especímenes para cada grupo experimental. Se utilizó una lámpara LED para fotocurar la superficie superior de las muestras por 20 segundos. La superficie y la base de los especímenes fueron sometidos a la prueba de microdureza, seguido de un almacenamiento de 24 horas en la oscuridad. El análisis estadístico se realizó utilizando

Anova unidireccional, prueba Tukey para comparaciones múltiples ($\alpha = 0.05$). La microdureza aumento significativamente ($P < 0.05$) para las superficies superior e inferior a medida que aumentaba la temperatura de 23 a 55°C. El tono C2 de ambos composites mostró la microdureza más baja ($P < 0.05$), los tonos A2 y A3 no mostraron diferencias significativas entre sí ($P > 0.05$) Filtek Silorane presentó una microdureza significativamente menor que Filtek Z250 ($P < 0.05$), independientemente de la temperatura, el tono y la profundidad de medición. Se concluyo que el precalentamiento, el tono y la composición de las resinas compuestas probadas afectan la microdureza de sus superficies.

Karen et al. (2014) evaluaron el efecto de la temperatura sobre la microdureza y viscosidad de 4 compuestos resinosos. Se dividieron en dos grupos de 10 cada uno, de los 4 compuestos elaborados mediante la inserción estándar de resina en moldes prefabricados. En el primer grupo, los composites fueron insertados en moldes a temperatura ambiente y se fotocuraron. En el segundo grupo, los composites fueron precalentaron en un dispositivo de calentamiento, se colocaron en los moldes, fotopolimerizando. Se determinó la microdureza fotocurando inmediatamente como también después de 24 horas de almacenamiento (usando una carga de 300 g aplicada por 10 segundos) y se promedió para 5 puntos seleccionados al azar en las superficies superior e inferior de cada muestra. Para investigar la viscosidad. Se colocaron muestras de 5 g de resina compuesta a temperatura ambiente o precalentada ($n = 15$ por grupo) bajo una carga de 454 g por 45 segundos y antes de la fotopolimerización (40 segundos). Después del fotocurado, se fotografió cada muestra y se calculó el área superficial. La información se analizó con la prueba T, ANOVA y prueba Tukey. El precalentamiento de los compuestos resinosos aumentó la microdureza y disminuyó la viscosidad de las muestras. El compuesto resinoso Filtek Supreme Ultra tuvo la microdureza media más alta y el compuesto de resina Vit-l-escence tuvo la viscosidad más baja. Los efectos del

precalentamiento de los composites de resina pueden permitir una colocación más fácil de las restauraciones y una mayor conversión de monómeros.

Ebrahimi-Chaharom et al. (2020) evaluaron el efecto del precalentamiento de resinas compuestas, utilizando tres tipos de resinas como: Tetric N-Ceram Bulk Fill, X-tra Fill y X-tra Base. Fabricaron 10 muestras cilíndricas de cada resina. Antes de la fotopolimerización, se precalentaron 5 muestras hasta alcanzar los 68°C, y las otras 5 muestras a temperatura ambiente. Después de 24 horas, se midió la liberación de monómeros de UDMA, TEGDMA y BIS-GMA mediante análisis de cromatografía líquida de alto rendimiento. El procesamiento de la información fue realizado mediante ANOVA bidireccional, las pruebas Games-Howell y Sidak. Dado que el precalentamiento no tuvo ningún efecto estadísticamente significativo sobre los valores medios de elución de UDMA, TEGDMA y Bis-GMA ($p > 0,05$). La mayor cantidad liberado de Bis-GMA y UDMA se obtuvo del compuesto Tetric N-Ceram Bulk-fill. La mayor cantidad liberada de TEGDMA fue del compuesto X-tra Fill. El compuesto X-tra Base libero menor cantidad de monómero ($p < 0,001$). Concluyendo que el precalentamiento no tuvo ningún efecto sobre la liberación de monómeros de las resinas compuestas de relleno masivo. Además, la cantidad y el tipo de monómeros liberados de varias resinas compuestas de relleno masivo no es la misma.

Yeolekar et al. (2015) examinaron y compararon la capacidad de un material a base de silorano de baja contracción, un compuesto empaquetable y un compómero para resistir la microfiltración en restauraciones de clase II en primeros molares y evaluar la resistencia a la fractura del reborde marginal. Se seleccionaron sesenta primeros molares humanos. Se prepararon cavidades de clase II que fueron divididos en tres grupos de veinte cada uno, los cuales fueron: grupo I: resina compuesta de baja contracción (Filtek P90). Grupo II: composite empaquetable (Filtek P60) y Grupo III: compómero (Compoglass F). La mitad de los dientes se utilizaron para evaluar microfiltraciones y la otra mitad para evaluar la resistencia a la

fractura del reborde marginal. Para la prueba de microfiltración, se utilizó el método de penetración con una tinta azul de metileno al 1%. Seguido de evaluación y clasificación con estereomicroscopio con un aumento de 10. La resistencia a la fractura se probó con una máquina de prueba universal. Se concluyó que la resina compuesta basada en silorano de baja contracción mostró la menor cantidad de microfiltración, mientras que el compómero mostró la mayor microfiltración. El composite comprimible resistió la fractura del reborde marginal mejor que otras resinas compuestas que fue comparable a la del lado intacto.

Porto et al. (2013) midieron la tasa conversión, absorción, solubilidad y microdureza de metacrilato (Filtek Z250 y Filtek Z350XT) y compuestos a base de silorano (Filtek P90). La tasa de conversión se midió mediante espectroscopia de infrarrojo inmediatamente y después de 24h de la fotoactivación. Las medidas de absorción y solubilidad se realizaron 24 h, 4 semanas y 12 semanas posterior al almacenamiento en agua. La microdureza de Knoop se midió después de 24 horas y después del ciclo térmico. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA seguido de pruebas t de Tukey, Tamhane o pareadas ($\alpha = 0,05$). La DC para P90 (37.22 ± 1.46) fue significativamente menor que la Z250 (71.44 ± 1.66) y Z350 (71.76 ± 2.84). La absorción de agua fue más alta en el Z250 y más baja en el P90. Todos los composites probados obtuvieron valores similares después de 24 h de inmersión y no se observaron diferencias significativas como también no se observaron diferencias significativas entre las solubilidades del compuesto P90 (12 semanas) y los compuestos Z250 o Z350 (4 semanas). Los valores de KHN fueron menos elevados para el compuesto P90 y similares para los compuestos Z250 y Z350. Se observó un efecto de los ciclos térmicos sobre los valores de KHN para todos los compuestos ($p < 0,001$). Se concluyó que el silorano produjo los valores más bajos de DC y KHN y exhibió menor absorción de agua y solubilidad comparados a los composites de metacrilato. Estas diferencias sugieren que los compuestos de

silorano exhiben una mejor estabilidad hidrolítica después de 3 meses de inmersión en agua comparados con composites de metacrilato.

Gazola et al. (2015) evaluaron el índice de dureza de Knoop (KHN) de composites de metacrilato (MC) y silorano (SC) después de haber sido sometidos a procesos de erosión y abrasión. Con cada composite se realizaron cuarenta muestras: MC y SC. Las muestras se dividieron en ocho grupos ($n = 10$) según el tipo de resina del G1-G4- Metacrilato; G5-G8 - Sirolano y las bebidas involucradas en el proceso de erosión G1 y G5 - Control, sin erosión, con abrasión; G2 y G6 - Jugo de naranja (OJ), abrasión; G3 y G7 - Smirnoff Ice® (SI), abrasión; G4 y G8 - Gatorade® (GA), abrasión). La prueba de KHN se realizó 24 h después del último ciclo de erosión / abrasión. Los grupos de MC mostraron valores de KHN más pequeños para el grupo de SI ($p < 0,05$) en comparación con los grupos Control y OJ; sin embargo, para los grupos SC, no se encontraron diferencias ($p > 0.05$). El compuesto de metacrilato cuando se somete a bebidas ácidas, la erosión combinada con abrasión podría alterar la microdureza de su superficie. Sin embargo, las bebidas utilizadas en el estudio no pudieron interferir en la microdureza de la superficie del compuesto de silorano.

Ebrahimi-Chaharom et al. (2020) investigaron el efecto del precalentamiento de composites bulk-fill sobre la citotoxicidad. Dentro de esta investigación, se utilizaron tres tipos de composites como: Tetric N-Ceram Bulk-Fil, Xtrafil y Xtrabase. De cada resina se fabricaron 10 muestras cilíndricas de 5mm de diámetro por 4 mm de altura; se dividieron: cinco muestras precalentadas a 68°C , y cinco muestras polimerizadas a temperatura ambiente (25°C). Veinticuatro horas después de la polimerización, se evaluó la citotoxicidad mediante ensayo MTT en fibroblastos humanos. Se utilizó la prueba ANOVA bidireccional y Sidak con un nivel de significancia en 0.05. Se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje medio de citotoxicidad en términos de precalentamiento ($P > 0,05$), pero la citotoxicidad de las resinas compuestas estudiadas fue significativamente diferente ($P < 0,001$).

La citotoxicidad del composite Tetric N-Ceram Bulk-fil fue mayor comparado con las otras dos resinas compuestas. Se concluyó que el precalentamiento de la resina compuesta de relleno masivo no afectó su citotoxicidad. Además, la citotoxicidad de diferentes resinas compuestas de relleno masivo no fue la misma.

Tauböck et al. (2015) investigaron el efecto del precalentamiento de materiales compuestos de relleno a granel de alta viscosidad en su grado de conversión y formación de fuerza de contracción. Se utilizaron resinas bulk-fill : Tetric EvoCeram Bulk Fill, x-tra fil-XF, QuixFil-QF, SonicFill-SF; y un compuesto de resina nanohíbrido convencional (Tetric EvoCeram-TEC). Las resinas se mantuvieron a temperatura ambiente y se precalentaron a 68 ° C por medio de un dispositivo de calentamiento comercial, antes de fotopolimerizarse con una LED por 20 seg 1170 mW / cm². Las fuerzas de contracción en un grupo de 5 muestras de 1,5 mm de espesor se registraron en tiempo real por 15 minutos dentro de una cámara con temperatura controlada a 25 ° C (simulando la temperatura intraoral después de la aplicación del dique de goma) con un analizador de tensión hecho a medida. En otro grupo de 5 muestras con una parte inferior de (1,5 mm) se evaluó el grado de conversión usando espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier. La información se analizó con la prueba T de Student, ANOVA, Tukey. El precalentamiento del compuesto aumentó significativamente el grado de conversión de TECBF, pero no tuvo ningún efecto sobre la conversión de monómeros de los otros materiales. El precalentamiento de las resinas estudiadas generó fuerzas de contracción significativamente menores que el compuesto a temperatura ambiente. A ambos niveles de temperatura, TECBF creó las fuerzas de contracción significativamente más altas, y QF provocó fuerzas de contracción significativamente más altas que XF y TEC. Tanto la resina como la temperatura de precurado afectan la formación de la fuerza de contracción. El precalentamiento de los composites de restauración convencionales y de relleno masivo antes

de la fotoactivación reduce las fuerzas de contracción inducidas por la polimerización sin comprometer el grado de conversión.

1.5. Justificación de la investigación

El manejo adecuado de un material es importante para lograr los resultados más satisfactorios, esto, debe estar en relación con las indicaciones que realiza el fabricante del producto y que están reportadas en el perfil técnico del producto; Con respecto a las resinas compuestas en general y de la resina compuesta Filtek XT Z-350 es particular el fabricante indica que su uso debe hacerse a una temperatura de 21 a 24 °C, temperatura ambiental que no se alcanza en la ciudad de Cerro de Pasco, donde la temperatura media durante el día alcanza a 13 °C. por lo que su uso empieza por tratar de resolver este primer problema y alcanzar la temperatura indicada por el fabricante, el cual solo es posible con el uso de medios auxiliares como el calentamiento.

La incorporación de dispositivos calentadores de resina compuesta como el AR Heater, se convierte en una alternativa eficaz para llevar el composite a temperaturas adecuadas controladas, que nos permita un adecuado manejo, así como la mejora de los resultados estéticos y mecánicos, cumpliendo con las condiciones de uso que el fabricante reporta; asimismo varios estudios están reportando que el incremento de la temperatura interna del compuesto de resina mejora la cinética molecular dentro del mismo, favoreciendo su proceso de polimerización por el aumento del grado de conversión y con ello la mejora de propiedad mecánicas, siendo el interés del presente estudio, la microdureza superficial.

Asimismo, consideramos que el estudio tiene una relevancia teórica porque encontramos datos que contribuyen a concluir que la polimerización mejora, y con ello la dureza superficial de la resina se incrementa con el aumento de la temperatura de las mismas.

Desde una perspectiva clínica posee relevancia, debido a que propone la incorporación de los procedimientos de termoplastificación de la resina compuesta, mejorando las propiedades de la resina, asegurando la previsibilidad de los tratamientos y la longevidad del uso de resinas compuestas a más de 4380 m s.n.m.

Con respecto a la relevancia social, nuestro trabajo pretende mejorar los resultados clínicos de los tratamientos con resina compuesta realizadas a una altitud más 4000 m s.n.m. favoreciendo a la población residente en estos lugares.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Debido a las condiciones climatológicas de una ciudad a 4380 m s.n.m. es difícil poder estandarizar la temperatura la temperatura ambiental a 13 °C, para el cual utilizamos medios externos como un calefactor externo y un termómetro ambiental.
- Cerro de Pasco no cuenta con laboratorios que puedan medir la microdureza superficial, por lo que tuvimos que trasladar todos los especímenes a la ciudad de Lima, para su evaluación con el microdurómetro.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar la diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m.s.n.m.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 13 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.
- Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 40 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.

- Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 50 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.
- Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 70 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.
- Comparar la microdureza superficial de las resinas compuestas fotopolimerizadas, termoplastificada previamente a 13°C, 40°C, 50°C y 70 °C, a una altitud de 4380 m s.n.m.

1.8. Hipótesis

- H0:** No existe diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotocurada, termoplastificada previamente a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.
- H1:** Existe diferencia entre la microdureza superficial de una resina compuesta fotocurada, termoplastificada previamente a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Resina compuesta*

La resina compuesta fue incorporada desde los trabajos de Bowen hace más de 50 años, gracias a su versatilidad su aplicación clínica está creciendo apoyado por las mejoras en las técnicas y en los materiales de adhesión a los sustratos dentales. Consiste en una variedad de materiales poliméricos sintéticos aplicadas a la odontología, en la que se incorporan partículas de carga inertes, partículas inorgánicas, buscando aumentar su resistencia mecánica y tratar de controlar los efectos adversos de la contracción volumétrica inherente al fenómeno de polimerización. Las primeras resinas fueron elaborados a base de polimetil metacrilato (PMMA), el cual tenía el inconveniente de que no lograba unirse adecuadamente a las partículas inorgánicas de carga provocando compromisos estructurales y el desmoronamiento del compuesto de resina. En 1963 los experimentos de Bowen condujeron a la elaboración de una nueva resina basado en el monómero BisGMA (bisfenol-A glicidilmetacrilato) el cual se integraba con mejores resultados al relleno inorgánico gracias al agente de unión, silano.

Mohammadi et al. (2016) se han incorporado en su composición monómeros de alto peso molecular como el dimetacrilato de uretano (UDMA) favoreciendo sus propiedades (p. 4). Los compuestos de resina presentan en su composición: matriz orgánica polimérica, partículas inorgánicas de relleno y el agente de unión, representado por el silano. (Mohammadi et al., 2016, p.2)

2.1.2. *Clasificación de la Resina Compuesta*

La clasificación relevante para el presente estudio y que presentamos líneas abajo es de acuerdo al tamaño de su relleno inorgánico.

2.1.2.1. Resinas Compuestas Macroparticuladas. También denominada de macrorrelleno, fueron las primeras en ser usadas clínicamente en reemplazo de las resinas a base PMMA, sus partículas de relleno consiste en sílice amorfo o cuarzo de 8-12µm, cuya composición representaba del 60 a 65% en volumen del material. Sus propiedades mecánicas son superiores a las resinas de PMMA, Sin embargo, dado el tamaño de sus partículas no tenían un buen acabado y poseen una radiolucidez equivalente a los tejidos dentarios, no permitiendo diferenciarlos de fracturas o caries secundaria. La transformación de la matriz orgánica producto de la exposición a la saliva dejaba superficies ásperas, lo que comprometía su estabilidad de color por la retención de pigmentos. (Theodoridis et al., 2017, p.6)

2.1.2.2. Resinas Compuestas Microparticuladas. También llamadas de microrelleno, contienen partículas de sílice que alcanza u un tamaño promedio de 0.04 - 0.4 µm, asociado a disminución de la dureza de los composites, pero también está relacionado con un acabado más liso. Por otro lado, las el relleno de sílice necesitan una mayor cantidad de matriz orgánica, pero debido a que están en cantidades pequeñas aumentan la viscosidad de las resinas dificultando la manipulación de las resinas. Estas resinas han sido utilizadas en zonas de alta necesidad estética por presentar su excelente acabado posterior al pulido, a pesar tener haber tenido una disminución del módulo de elasticidad, un incremento de la absorción de agua, técnica muy sensible, y una resistencia al desgaste muy mediana. (Theodoridis et al., 2017, p.7)

2.1.2.3. Resinas Compuestas Híbridas. Después de la incorporación de las resinas de microrelleno y observando una disminución de las propiedades mecánicas, se diseñó los compuestos híbridas, agregando relleno de partículas de mayor tamaño con el propósito combinar los beneficios de los composites de macrorrelleno y los composites de microrelleno. Se le denomina híbrido debido a que contiene dos tipos de partículas, por un lado, sílice coloidal de 0,04 µm y por otro lado, vidrio de 1 - 5 µm; representando en su composición un 60 – 66%

en volumen. Su Aplicación clínica es muy versátil, tanto en zona estética como en el sector posterior aprovechando sus propiedades mejoradas. (Theodoridis et al., 2017, p. 3)

2.1.2.4. Resinas Compuestas Microhibridas. Siempre con la intención de mejorar las propiedades mecánicas, ópticas y su performance clínico, se empezaron producir unos rellenos de menor tamaño, estos composites combinan partículas de 0,04 μm con partículas con un tamaño mayor que alcanzaba a 2 μm , en promedio el tamaño de las partículas de relleno estaba entre 0,6 y 0,8 μm . entre sus propiedades se destacan un buen pulido, ganando fluidez y mejorando su manipulación.

2.1.2.5. Resinas Compuestas Nanoparticuladas. También denominado de nanorelleno, están conformado por un relleno inorgánico cuyas dimensiones esta entre 20 y 75 nanómetros. Este relleno nanométrico ha incrementado la mayoría de las propiedades mecánicas y ópticas, mejorando el pulido, lo que lo hacen elegibles para restauración en el sector anterior y posterior; logrando una estabilidad de color más longevo. Aunque no se ha logrado el control de la contracción volumétrica, en este tipo de resina es menor. (Karen et al., 2014, p.2)

2.1.3. *Propiedades Mecánicas*

“La resistencia mecánica de los composites está relacionada con las características del relleno inorgánico, que incluye el tipo, tamaño y número de partículas” (Eolekar et al., 2015, p. 5). Las propiedades mecánicas influyen positivamente en el desempeño clínico de este material, que siempre ha estado mejorando en cuanto a sus propiedades ópticas y mecánica; a pesar del cual, la fractura o su desgaste sigue siendo un problema importante” (Porto et al., 2013, p.4). Por lo que cualquier intervención para mejorar la calidad de la polimerización y a través de ello de la mejora de las propiedades mecánicas del composite es importante, una de esas posibilidades es la incorporación de los calentadores de resina para la plastificación de los mismos.(Porto et al., 2013, p. 3)

2.1.4. *Microdureza Superficial*

La dureza se utiliza con gran frecuencia para evaluar las propiedades físicas de los materiales en general, en especial de los materiales de restauración, ya que se correlaciona bien con el grado de conversión que se da en los monómeros de los composites.

La dureza se interpreta como la resistencia de un material contra la indentación. Por lo tanto, existe una relación entre la dureza, la resistencia de un material y su límite proporcional. En odontología, la dureza es una medida de la capacidad de una restauración para desgastarse o ser desgastada por estructuras opuestas. En consecuencia, los factores que afectan la dureza de una restauración pueden influir en su durabilidad. (Awliya, 2007, p. 6)

2.1.5. *Polimerización de la resina compuesta*

La resina compuesta polimeriza para formar una red altamente reticulada con enlaces covalentes entre cadenas de polímero después de la fotopolimerización, la tasa de conversión y la densidad de reticulación aumentan rápidamente, formando una red infinita, lo que conduce a un rápido aumento de la viscosidad del sistema. El primer cambio de líquido viscoso a gel elástico se denomina gelificación. (Xue & Yang, 2019, p.5)

En el punto de gel, las limitaciones de movilidad afectan principalmente a los radicales libres ubicados en moléculas grandes que son cadenas poliméricas en crecimiento, mientras que las moléculas pequeñas de monómeros aún pueden difundirse fácilmente. Por lo tanto, la terminación biomolecular se reduce significativamente y aún se pueden generar nuevos centros de extensión de polimerización por iniciación. Por tanto, un aumento en la concentración de radicales libres conducirá a un rápido aumento de la velocidad de polimerización, lo que se denomina aceleración automática. A medida que avanza la reacción, la viscosidad se vuelve muy alta, lo que restringe la difusión incluso para las moléculas de monómero, lo que resulta en una reducción significativa de la autoaceleración. Esto es equivalente al segundo cambio de

estado, de gel a vidrio, o vitrificación. La vitrificación evita otras reacciones de polimerización extensas, lo que explica por qué la tasa de conversión de monómero no puede alcanzar el 100% incluso en condiciones óptimas de irradiación. Debido al aumento de temperatura durante el proceso de precalentamiento, el proceso de vitrificación se retrasa. Por lo tanto, a una temperatura de curado más alta, la tasa de conversión final del monómero aumentará, porque el material puede polimerizarse aún más antes de que la temperatura de transición vítrea alcance la temperatura de polimerización. (Xue & Yang, 2019, p.6)

2.1.6. Precalentamiento y Polimerización

La fotopolimerización total de la resina compuesta es una condición importante para obtener buenas propiedades mecánicas. El fotocurado incompleto conducirá a una mala resistencia al desgaste de la resina compuesta, aumento de la citotoxicidad pulpar, mayores posibilidades de fractura y daño de los bordes del cuerpo de obturación y disminución de la dureza, el módulo de elasticidad dinámico disminuye y así sucesivamente. Los estudios han demostrado que, para una composición de monómero determinada, existe una correlación significativa entre el grado de conversión del polímero y casi todas las propiedades físicas y biológicas. En los materiales de resina de restauración dental a base de bismetacrilato, se ha confirmado que los grupos de metacrilato residuales están asociados con la disminución de la dureza, los cambios en la resistencia al desgaste y los cambios en la resistencia, la estabilidad del color, la tenacidad a la fractura y la resistencia al desgaste están relacionadas. La investigación encontró que el precalentamiento de la resina puede aumentar la tasa de conversión del monómero de resina y la eficiencia de curado, y afectar sus propiedades mecánicas, como la dureza y la resistencia a la abrasión. (Zanch & Cohen, 1965, p. 14)

2.1.6.1. Influencia en la dureza de la resina compuesta. Estudios encontraron que existe una correlación entre el aumento de la dureza superficial de las resinas compuestas

y el aumento de la conversión de monómeros de resina. A medida que aumenta la temperatura de la resina compuesta, independientemente de la luz utilizada para la polimerización y curado del material, aumenta la microdureza de la superficie y el fondo de la muestra.

Gonzales (2014) concluyó que el curado a temperatura ambiente (24 ° C) o el enfriamiento (5 ° C) no afectará significativamente la microdureza de la superficie o el fondo de la resina compuesta, y el precalentamiento de la resina puede aumentar significativamente su dureza superficial. Además, se encontró que el aumento de la reacción de polimerización puede mejorar las propiedades mecánicas. (p.6)

La microdureza superficial y la resistencia a la compresión de la resina compuesta fotopolimerizable después del precalentamiento son más altas que las de la resina compuesta fotopolimerizable a temperatura ambiente. Esto puede estar relacionado con el aumento de temperatura después del precalentamiento, la disminución de la viscosidad del sistema, el aumento de la movilidad de los radicales libres, y la polimerización y el monómero El aumento de la tasa de conversión está relacionado con. Por lo tanto, al llenar la cavidad con la resina compuesta precalentada, se puede aumentar la dureza de la superficie del relleno. (Blalock et al., 2004, p.5)

2.1.6.2. Influencia en la Resistencia al desgaste de la resina compuesta. La resistencia al desgaste de la resina compuesta está relacionada principalmente con el número, el tamaño, la matriz y el grado de adhesión entre la matriz y el relleno. Uno de los principales problemas es la adaptabilidad (interior y borde de la cavidad) y el sellado de la resina compuesta al borde de la cavidad. Al colocar y dar forma a la resina compuesta, a menudo es difícil para los médicos adaptar completamente el material a la cavidad preparada debido a la alta viscosidad de la pasta. A diferencia de la amalgama de plata, las resinas compuestas de alto relleno no pueden reducir la porosidad ni mejorar su adaptabilidad mediante el uso de una

fuerza de relleno mayor. Un estudio encontró que la fluidez de la resina compuesta se puede mejorar precalentando la resina compuesta, de modo que la resina compuesta pueda adaptarse mejor a la cavidad. A medida que aumenta la temperatura, los radicales libres y las cadenas de polímero en crecimiento se vuelven más fluidos, lo que se debe a una menor viscosidad y un mayor grado de reacción, lo que conduce a una polimerización más completa y una mayor reticulación. Los estudios han demostrado que, al aumentar el grado de conversión de las resinas compuestas dentales, se puede mejorar la resistencia a la abrasión. Por lo tanto, clínicamente para cavidades más pequeñas y profundas, la resina compuesta se puede precalentar para mejorar la operabilidad, idoneidad y sellado de la cavidad. (Ñaupas et al., 2014, p.364)

2.1.6.3. Influencia en la viscoelasticidad de la resina compuesta. Mesquita et al. (2008) encontraron que la viscoelasticidad de la resina compuesta cambia con el aumento de la temperatura de prueba, lo que tiene mucho que ver con su composición química y estructura, contenido de monómero libre, plastificación interna, adsorción de agua y grado de curado. Aunque el módulo elástico disminuyó y el módulo de viscosidad y la tangente de pérdida aumentaron, no se observó ningún cambio de fase en el intervalo de temperatura de la cavidad oral. Por lo tanto, la resina compuesta no sufrirá cambios repentinos en sus propiedades mecánicas en su aplicación clínica.

Con base en estos hallazgos, se puede decir que la restauración de resina compuesta dental fotopolimerizable contendrá una porción de material sin curar en las primeras horas y días. Sin embargo, debido a la ingestión de alimentos y bebidas calientes, o debido a la temperatura oral normal y la inducción de una temperatura más alta, el número de monómeros sin reaccionar disminuirá con el tiempo. En otras palabras, la resina compuesta se curará completamente bajo la acción de la temperatura de la cavidad bucal. La importancia clínica de estos resultados es que la resina dental continuará endureciéndose después de la

fotopolimerización inicial y la polimerización a temperatura oral, lo que tendrá un impacto positivo y negativo en el efecto de reparación de la resina compuesta, como una mayor rigidez y microfiltraciones adicionales. (Awliya, 2007, p. 13)

2.1.6.4. Influencia en las propiedades mecánicas de la resina compuesta.

Freedman et al. (2004) “señalaron que el uso de resina compuesta precalentada acortará el tiempo de polimerización, aumentará la tasa de conversión y mejorará las propiedades físicas de la restauración final” (p. 4). Lovell et al. (2001) encontraron que el aumento de la tasa de conversión de monómero de la resina compuesta puede mejorar la dureza de la superficie, la resistencia a la flexión y el módulo de flexión, la tenacidad a la fractura, la resistencia a la tracción radial y la resistencia a la abrasión. Sin embargo, las propiedades mecánicas dependen mucho de la formación de la red de polímero de resina, que no es simplemente equivalente a la tasa de conversión. La formación de la red ocurre en el proceso de crecimiento de la cadena de polímero e incluye una mezcla de segmentos de cadena interpenetrantes lineales, reticulados y entrelazados, y el conjunto determina las propiedades del material. La densidad de reticulación está relacionada con el aumento de las propiedades mecánicas y la estabilidad. Incluso los polímeros con tasas de conversión similares pueden tener diferentes densidades de reticulación. Por lo tanto, la tasa de conversión en sí misma no puede usarse como un predictor del efecto de reparación de la resina compuesta.

Después de precalentar la resina compuesta, la fluidez y la viscosidad aumentan, lo que también traerá inconvenientes a la operación. Dado que el material de resina se adhiere al dispositivo durante el llenado, dificultará la eliminación de las burbujas de aire, lo que puede ser una de las razones por las que la resina compuesta afecta sus propiedades mecánicas después del precalentamiento. (Cabezas et al., 2018, p. 67)

2.1.6.5. Influencia del calentamiento sobre la pulpa dentaria. Uno de los riesgos que se considera en la literatura por el uso de composites calentados es elevación de la temperatura intrapulpar, al cual se añade la fotoactivación (Gonzales, 2014, p.4). Se considera que la temperatura podría elevarse hasta volverse dañino en forma irreversible para la pulpa, Zanch & Cohen (1965) reportaron que existe una lesión pulpar irreversible en el 15% cuando la temperatura pulpar aumentó 5,5 °C; 60% cuando la temperatura aumenta en 11 °C y 100% cuando la temperatura aumento 16°C; con lo que se concluía que el aumento de la temperatura de la resina precalentada podría influir en la salud pulpar. (p. 14)

En contraposición, Gonzales (2014) reporta que la resina compuesta que fue sometida al precalentamiento pierde calor rápidamente, esto, porque los tejidos dentarios disipan el calor. (p. 3)

Al respecto, Karen et al. (2014) evaluaron la disminución de la temperatura después de 45 seg. de retiradas del dispositivo de calentamiento de resina, encontraron que en promedio, la disminución de la temperatura es de 5.2°C a 8.7°C. (p 7)

Daronch et al. (2006) evaluaron la temperatura intrapulpar longitudinal al colocar resina a temperatura ambiente, 54°C y 60°C, pudiendo observar que la temperatura intrapulpar mostro valores sin variación significativo cuando se colocaba resina precalentada, observando un incremento de 0.8°C y 0.6°C. (p. 5)

Un aspecto importante es estudiar la performance y la influencia de los dispositivos calentadores de resina, Blalock et al. (2004) estudiaron la eficacia de dispositivo Calset Composite Warmer, el cual tiene dos puntos de calentamiento; de 54 °C y 60 °C, encontrando que la temperatura máxima que alcanzaba la jeringa de resina fue 48.3 °C cuando se usaba a 54 °C, y 54.7 °C cuando se usaba a 60 °C, esto al parecer debido al comportamiento del relleno inorgánico como aislante térmico. (p. 3)

También se encontró que los composites no sufren polimerización térmica espontánea hasta temperaturas de 140 °C a 200°C Baena Paz (2017), y los fotoiniciadores no sufren alteración hasta casi 90°C (Damián et al. 2018, p.7), pero, se reporta el riesgo de que un calentamiento prolongado puede volatilizar los componentes de bajo peso molecular, pudiendo afectar su polimerización y sus propiedades mecánicas de la resina.

Daronch et al. (2006) reportan que después de ocho horas de calentamiento a 54.5 °C, los composites polimerizados inmediatamente mostraban una conversión incompleta, comparadas con composites polimerizadas a temperatura ambiente. Asimismo, las resinas a 54.5°C, durante cuatro horas no presento ningún efecto contraproducente, siendo prudente limitar el calentamiento de las resinas a cuatro horas, evitando una posible volatilización de los componentes. (p.5)

2.1.7. Calentamiento de la resina compuesta

El calentamiento de los composites aumenta la fluidez, mejorando su manipulación clínica disminuyendo la formación de espacios y mejorando la adaptación marginal con primeras evidencias en la mejora de sus propiedades mecánicas. Esto se atribuye a que el aumento de la temperatura interna aumenta la cinética molecular, que mejora el proceso de polimerización y con ello se optimiza las propiedades mecánicas. (Gazola et al., 2015, p. 4)

Se estimó que la tasa de conversión de monómeros con polimerización a temperatura ambiente es de 48%, cuando se realiza el precalentamiento la tasa de conversión alcanza hasta un 67%, la fluidez se incrementa hasta un 38%. (Rizzante et al., 2019, p.3).

Daronch et al. (2006) estudiaron la influencia de la temperatura de los composites sobre la tasa de la conversión y el tiempo de polimerización. Se termoplastificó un composite a 3°C y 60°C, y el tiempo de polimerizaron variaron a 5 segundo s y 20 segundos. Encontraron que los composites termoplastificado a 60°C alcanzo mayor tasa de conversión (67,3%) requiriendo

un tiempo de fotocurado de 5 segundos, comparado con los composites termoplastificada a temperatura ambiente (48,8%) en un tiempo de 20 segundos y a 3°C se logró una tasa de conversión de 35,6% con un tiempo de 20 segundos. (p. 4)

Otros estudios, como el realizado por Awliya (2007) examinaron la variación de la tasa de conversión en relación con el tiempo y la temperatura. Se encontró que la mayor tasa de conversión se logró con los composites termoplastificado a 68°C. en relación a la viscosidad se encontró que el composite termoplastificada a 60°C presento una menor viscosidad comparados con un composite termoplastificado a 24°C. (p.3)

La viscosidad influye en la movilidad molecular de la resina, y el precalentamiento de la resina aumenta la agitación térmica de los monómeros, lo que a su vez aumenta su fluidez (Awliya, 2007, p. 5)

Se ha sugerido que la utilización de resinas de mayor fluidez puede mejorar la adaptación al margen al mejorar el contacto con las superficies dentarias (Tantbirojn et al., 2011, p.5).

Aunque varios estudios respaldan estos datos, otros trabajos no encontraron esta relación. mencionar que a pesar de que, la adaptación marginal se mejora por la fluidez de los composites precalentadas, esto podría estar asociado a una mayor contracción debido a una mayor conversión de monómeros. (Awliya, 2007, p. 7), Sin embargo, algunos autores Zanch & Cohen (1965) han argumentado que este aumento en la contracción no es significativo. Durante la polimerización, la conversión de monómeros comienza inmediatamente con la utilización de la luz LED, y el inicio de la formación de cadenas y redes poliméricas aumenta la viscosidad. (p. 5)

En la práctica clínica, el uso de composite termoplastificado podría resultar desafiante, ya que debe mantenerse caliente durante la colocación y la exposición a la luz, lo que limita el

tiempo disponible para aprovechar la temperatura lograda en el composite. Los estudios respaldan la mejora de las propiedades mecánicas de la resina con el precalentamiento (Ñaupas et al., 2014, p. 137).

Fróes-Salgado et al. (2010) llevaron a cabo un estudio para evaluar si el precalentamiento de la resina realmente mejora las propiedades mecánicas. Señalaron que todas las investigaciones que respaldan esta mejora han utilizado resina precalentada mantenida a una temperatura constante durante todo el proceso. Sin embargo, en la clínica, existe un tiempo de espera mientras se coloca la resina precalentada en la preparación antes de la polimerización. Encontraron que el composite termoplastificado mejora la adaptación marginal hasta un 55,7% en comparación con el uso de resina a temperatura ambiente.

Daronch et al. (2006) informaron que el tiempo de exposición a la luz se puede disminuir en un 75% con la termoplastificación del composite, asimismo encontraron que la fotoactivación de 5 segundos de un composite precalentado logra una mayor tasa de conversión de monómeros comparados con los composites que se fotoactivaron por 40 segundos a temperatura ambiental. Esto reduce la exposición a la luz, lo que es beneficioso para evitar un mayor aumento de temperatura (p. 7). Sin embargo, Tantbirojn et al., (2011) han argumentado que una disminución en el tiempo de fotopolimerización podría influir en forma negativa sobre las propiedades del composite. (p.2)

A pesar de las ventajas mencionadas anteriormente del precalentamiento de la resina, es importante considerar el efecto de los ciclos térmicos repetidos en la vida útil del material.

Elkaffass et al. (2020) evaluaron el efecto de múltiples procesos de termoplastificación antes de la polimerización sobre la formación de espacios en una restauración, y encontraron que la resina precalentada después de 40 ciclos a 55°C resultó en un ancho medio del espacio significativamente menor en comparación con las resinas compuestas almacenadas a

temperatura ambiente. Esto subraya la importancia de comprender cómo los ciclos térmicos pueden afectar las propiedades de la resina. (p. 5)

En resumen, el precalentamiento de las resinas ofrece ventajas en términos de adaptación marginal y reducción del tiempo de fotocurado, pero plantea consideraciones importantes sobre el aumento de temperatura intrapulpar y los posibles efectos a largo plazo en las propiedades de la resina. Los estudios citados respaldan estas afirmaciones y proporcionan una base sólida para comprender los aspectos clave de las propiedades térmicas y mecánicas de las resinas.

La técnica de resina precalentada se ha convertido en una práctica actual. Consiste en utilizar resinas compuestas como agentes cementantes para restauraciones indirectas después de someterlas a un precalentamiento específico en términos de temperatura y tiempo. (Elkaffass et al., 2020, p. 4)

Tradicionalmente, las resinas compuestas se almacenan en un rango de temperaturas que oscila entre 2°C y 25°C, y para implementar esta técnica, se calientan a aproximadamente 60°C utilizando un dispositivo de calefacción en condiciones isotérmicas que mejoran la conversión de monómeros al aumentar la movilidad molecular. (Yeolekar et al., 2015, p. 9)

Este proceso de precalentamiento tiene varios beneficios notables. En primer lugar, reduce la viscosidad de las resinas compuestas, lo que resulta en una mayor fluidez y facilita una mejor adaptación a las paredes de la cavidad. Esta mejora en la adaptación contribuye a reducir la microfiltración y, por lo tanto, aumenta la durabilidad de la restauración, especialmente en términos de su adaptación marginal. Además, se ha observado que el precalentamiento puede aumentar el grado de conversión, mejora la resistencia al desgaste y acelera la velocidad de polimerización. (Porto et al., 2013, p.6)

Al precalentar las resinas compuestas, se busca imitar el comportamiento de las resinas compuestas fluidas con el fin de lograr una mejor adaptación a las paredes de la cavidad al reducir la viscosidad, sin perder sus propiedades mecánicas, como un material compuesto capaz de fluir que tiene partículas de carga menores. Con resinas compuestas precalentadas, hay una facilidad de manipulación, ya que se puede inyectar fácilmente en una cavidad sin necesidad de utilizar instrumentos de mano. Sin embargo, se recomienda trabajar a un ritmo más rápido durante el uso de resinas compuestas precalentadas, a fin de evitar la disipación del calor. (Rizzante et al., 2019, p. 6)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Este trabajo de investigación es de tipo experimental, consistiendo en un ensayo de laboratorio, *in vitro*.

Nivel comparativo.

Diseño de investigación: Experimental, estudio *in vitro*

3.2. Población y muestra

Estuvo conformado por especímenes de resina compuesta de nanorelleno A2 filtek Z350 XT (3M ESPE)

La muestra estuvo conformada por 40 especímenes, con los cuales se formaron 4 grupos de estudio con 10 especímenes cada uno, siendo designados de la siguiente manera:

Grupo 1: Composite sin termoplastificación, fotocurado a temperatura ambiente ($13^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)

Grupo 2: Composite con termoplastificación a 40°C , previo a la fotopolimerización

Grupo 3: Composite con termoplastificación a 50°C previa a la fotopolimerización

Grupo 4: Composite con termoplastificación a 70°C previa a la fotopolimerización

3.3. Operacionalización de variables

Variable independiente: Temperatura de termoplastificación de resina compuesta.

Variable dependiente: Microdureza superficial.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERCIONAL	INDICADOR	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN	36 CATEGORÍAS
Temperatura	Es una magnitud física, que refiere la cinética molécula intrínseca de un cuerpo, es independientemente de su masa	Nivel de temperatura programado y alcanzado en el dispositivo de calentamiento AR Heather	Grados Centígrados °C	Cuantitativa Continua	Razón	13 °C 40 °C 50 °C 70 °C
Microdureza	Resistencia de un material a la deformación plástica después de someterse a una fuerza.	Medición de la huella dejado por el indentador del Microdurómetro	Microdurómetro Vickers (MV)	Cuantitativo	Razón	Kgf/mm ²

3.4. Instrumentos

Ficha de registro de datos según grupo de estudio para ensayos mecánicos de microdureza superficial.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Confección de los especímenes

Se utilizó resina compuesta de nanorrelleno comercial A2 Filtek Z350 XT (3M ESPE, Minnesota, EE. UU.). Se fabricaron un total de 40 placas de acetato duro de 2 mm de grosor en forma de cuadrangular de 20 mm x 20mm, en cuyo centro de diseño un espacio circular de 5 mm de diámetro; el cual fue compactado con resina compuesta previamente termoplastificada

según el grupo al que corresponde. Se prepararon un total de 40 especímenes, los cuales fueron divididos en 4 grupos de 10 cada uno.

3.5.2. Precalentamiento de las resinas compuestas

Para precalentar la resina compuesta, se utilizó un dispositivo llamado kit de calentamiento AR Heater siguiendo las instrucciones del fabricante. El dispositivo de calentamiento funcionó durante 30 min hasta alcanzar la temperatura planificada que fue de 40°C, 50°C y 70 °C; luego se colocó el tubo de la jeringa de la resina compuesta dentro de una cámara de calentamiento durante 20 minutos para alcanzar la temperatura programada del dispositivo de calentamiento. Luego se retiró la jeringa del dispositivo y se aplicó la resina compuesta inmediatamente en un incremento dentro de la placa fabricada

3.5.3. Preparación de los especímenes

Para la preparación de las muestras, en una platina de vidrio se colocó una cinta celuloide sobre el cual se ubicó la placa de acetato previamente preparada, se retiró la jeringa de resina compuesta del dispositivo calentador e inmediatamente se procedió a empaquetar con espátula de resina PFIG 4/5 (Hu-Friedy) en condiciones de poca luz. Posteriormente, el compuesto de resina se cubrió con otra cinta celuloide y se colocó encima una platina de vidrio presionándolo con una pesa de 1 kg por 30 segundos para extruir el exceso del material. Después del retiro de la platina de vidrio superior las muestras se fotopolimerizaron en estrecho contacto con su superficie a través de la cinta celuloide superior durante 10 segundos, para el cual se utilizó la lámpara Bluephase N de Ivoclar-Vivadent. La intensidad de la luz utilizada fue de 1200 mW / cm², el cual fue estandarizado previamente a través de un radiómetro. Las placas de acetato, platinas de vidrio, las cintas celuloideas transparente y los instrumentos se calentaron previamente a 37 °C antes de la inserción de la resina.

Para la posterior prueba de dureza de los especímenes se procedió a la división en 4 sectores para ser indentados aleatoriamente en 3 de ellos. Dichos especímenes fueron envueltos en papel de aluminio para poder ser transportados al laboratorio para su respectivo análisis.

3.5.4. Prueba de Microdureza

Las mediciones de microdureza se hicieron bajo los parámetros de Vickers aplicando la indentación de la maquina sobre la superficie fotocurado; la carga aplicada fue de 100 g durante 10 segundos, se realizaron tres indentaciones en tres cuadrantes elegidos aleatoriamente y se calculó un valor promedio.

3.6. Análisis de datos

Se empleo una computadora portátil Lenovo con Windows 10 para el almacenamiento de datos, los cuales fueron analizados a través del programa SPSS versión 26.

- Análisis descriptivo:

Se realizó la prueba de normalidad para poder observar si los datos encontrados presentaban una distribución normal.

Se realizó un cálculo de los promedios de microdureza superficial alcanzados en cada grupo con su respectiva desviación estándar, el cual se graficó a través del diagrama de cajas.

- Análisis inferencial:

Con un nivel de confianza del 95% y significancia del 0.05, se utilizó la prueba ANOVA para contrastar las medias de los valores de micro dureza superficial de las resinas compuestas según temperatura.

Se uso la prueba estadística de HSD de Tukey para poder determinar la significancia estadística de las diferencias de medias de microdureza superficial entre los diferentes grupos.

IV. RESULTADOS

En el presente estudio realizamos la termoplastificación de las resinas compuestas a diferentes temperaturas, estableciéndose 13°C para el grupo control, que representa la temperatura ambiental promedio en la ciudad de Cerro de Pasco, el segundo grupo fue termoplastificada a 40°C, el tercer grupo a una temperatura de 50°C y el cuarto grupo a 70°C.

Los resultados encontrados fueron analizados bajo estadísticos descriptivos e inferenciales, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 1

Prueba de normalidad de datos

Shapiro -Wilk			
Grupo de estudio	Estadístico	Gl	Sig
Grupo 1 (13 °C)	,876	10	,117
Grupo 2 (40 °C)	,915	10	,314
Grupo 3 (50 °C)	,886	10	,154
Grupo 4 (70 °C)	,881	10	,135

Fuente: Programa SPSS realizadas por el autor.

Interpretación:

En la presente tabla mostramos los resultados obtenidos con el uso de la prueba de Shapiro-Wilk, elegimos éste debido a que nuestra muestra es menor de 50 unidades de análisis. Encontramos un p valor es > 0.05 , por lo que concluimos que los datos presentan una distribución normal.

Tabla 2*Prueba de homocedasticidad de las varianzas*

	Estadístico de Levene	Gl 1	Gl 2	Sig.
Se basa en la media	,620	3	36	,607
Se basa en la mediana	,545	3	36	,655
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,545	3	35,369	,655
Se basa en la media recortada	,635	3	36	,597

Fuente: Programa SPSS realizadas por el autor.**Interpretación:**

En la presente tabla mostramos los resultados obtenidos al realizar la prueba de homogeneidad de varianza a través del estadístico de Levene, en donde se puede observar que el p valor es mayor a 0.05, lo que nos permite concluir que los datos presentan homogeneidad de varianzas entre los grupos.

Tabla 3*Media de la microdureza superficial de las resinas compuestas*

Grupo de Estudio	N	Media	DS
Grupo 1 (~13 °C)	10	53,0900	5,11898
Grupo 2 (40 °C)	10	53,6233	5,05640
Grupo 3 (50° C)	10	55,7633	4,51058
Grupo 4 (70° C)	10	60,7700	5,65455

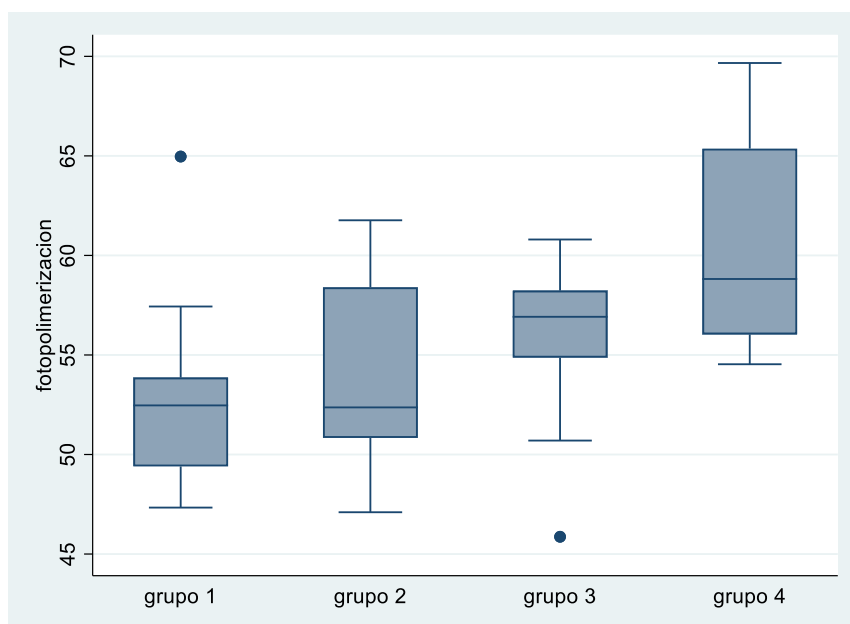
Fuente: Programa SPSS realizadas por el autor.

Interpretación:

En la presente tabla presentamos los descriptivos de los datos obtenidos, donde se observa que el promedio de la dureza superficial en el primer grupo fue de 53.09 con una desviación estándar de 5.11; el promedio de microdureza obtenido en el segundo grupo fue de 53.6 con una desviación estándar de 5.05; con respecto al grupo 3 podemos observar que el promedio obtenido fue de 55.7 con una desviación estándar de 1.42. Finalmente, en el grupo 4 el promedio obtenido fue de 60.77 con una desviación estándar de 5,65. De los enunciados podemos concluir que la menor dureza superficial, representada por 53.09, se observó en el grupo 1, grupo de especímenes que no paso por la plastificación y se procedió a la polimerización a temperatura ambiente; mientras que el grupo 4, donde se procedió a la plastificación a 70 °C se obtuvo mayores niveles de dureza, alcanzando un valor promedio de 60.77.

Figura 1

Promedios de la microdureza superficial de la resina compuesta



Fuente: Programa SPSS realizadas por el autor.

Interpretación

El presente diagrama de cajas nos muestra gráficamente la distribución de los datos en los diferentes grupos, pudiendo observar que el grupo 1 mostró los niveles menores microdureza, asimismo gráficamente podemos observar que el grupo 2 se observan mayores niveles de microdureza aunque la mediana no vario en comparación con el grupo 1; con respecto al grupo 3, se muestran niveles mayores de microdureza, observándose mayores niveles de microdureza en el grupo 4 , quienes fueron termoplastificados a 70°C previos a la fotopolimerización.

Tabla 4

Prueba ANOVA de la microdureza superficial entre grupos de estudio

ANOVA					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	367,837	3	122,612	4,712	,007
Dentro de grupos	936,813	36	26,023		
Total	1304,650	39			

Fuente: Programa SPSS realizadas por el autor.

Interpretación:

En el presente cuadro se expone los resultados del análisis estadístico mediante ANOVA, donde se puede evidenciar que el P valúe = 0.007 (menor a 0,05) por lo que tenemos suficiente evidencia estadística para tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula, y aceptar la hipótesis alterna, es decir, que al menos dos de los grupos evaluados presentan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5*Comparación de microdureza superficial por pares de grupos. Prueba de Tukey*

Comparaciones múltiples (Tukey)			
		Diferencia de medias	Sig.
Grupo 1 (13 °C)	Grupo 2 (40 °C)	-,53333	,995
	Grupo 3 (50 °C)	-2,67333	,648
	Grupo 4 (70°C)	-7,68000*	,009
Grupo 2 (40 °C)	Grupo 1 (13 °C)	,53333	,995
	Grupo 3 (50 °C)	-2,14000	,785
	Grupo 4 (70°C)	-7,14667*	,017
Grupo 3 (50 °C)	Grupo 1 (13 °C)	2,67333	,648
	Grupo 2 (40 °C)	2,14000	,785
	Grupo 4 (70°C)	-5,00667	,144
Grupo 4 (70°C)	Grupo 1 (13 °C)	7,68000*	,009
	Grupo 2 (40 °C)	7,14667*	,017
	Grupo 3 (50 °C)	5,00667	,144

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: programa SPSS realizadas por el autor.**Interpretación:**

El presente cuadro muestra los datos obtenidos y que fueron sometidos a un análisis estadístico a través de la prueba significativa de Tukey, donde se observa que, el grupo 1, grupo de especímenes fotopolimerizados a temperatura ambiente no mostro diferencia significativas

con el grupo 2 y con el grupo 3, mientras que, sí se encontró diferencias significativas con el grupo 4, con el grupo de especímenes que fueron termoplastificados a 70°C previo a la polimerización.

Asimismo, el grupo 2, quienes fueron termoplastificados a 40°C no mostraron diferencias significativas con el grupo 1 y el grupo 3, pero si se evidencia diferencias estadísticas significativas con el grupo 4 quienes fueron termoplastificados a 70°C.

Con respecto al grupo 3, grupo que fue termoplastificado a 60°C, no evidencia diferencias estadísticas significativas con los grupos 1, 2 y 4.

Con respecto al grupo 4, grupo de especímenes que fueron termoplastificados a 70 °C previo a la polimerización, evidencio diferencias estadísticamente significativas con el grupo 1, grupo polimerizado a temperatura ambiente, y también mostro diferencia estadística significativa con el grupo 2, grupo de especímenes que fueron termoplastificados 40°C. Mientras que no se encontró diferencias significativas con el grupo 3, quienes fueron termoplastificados a 60°C.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las propiedades restauradoras en la resina en este tiempo se han convertido en una de los tratamientos más comunes, más recurrente y más demandantes por parte de los pacientes, su uso adecuado, la búsqueda de maximizar sus beneficios es siempre una búsqueda de quienes hacemos investigación científica y usamos frecuentemente este biomaterial en el tratamiento de nuestros pacientes.

Para poder aumentar las propiedades mecanizas, ópticas y con todo ellos el desempeño clínico de los composites como la microdureza superficial, la resistencia a la flexión, tenacidad a la fractura, la resistencia al desgaste y una longevidad en el color, un factor influyente en este proceso es el proceso de polimerización.

Por lo que en el presente estudio lo que se pretendió es variar, y con ello, mejorar las condiciones para la polimerización a través del aumento de la temperatura interna de las resinas conllevando a mejorar las tasas de conversión de monómeros resinosos mejorando la microdureza superficial, un aspecto clínico necesario a una altitud de 4380 msnm donde los materiales resinosos pierden temperatura y disminuyen su viscosidad y con ellos su manipulación, muchas veces comprometiendo el resultado y la previsibilidad del tratamiento.

Elkaffass et al. (2020) realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto del precalentamiento sobre la microdureza superficial, además de la resistencia a la fractura y la rugosidad superficial de un compuesto de resina Filtek Z 350 XT. Para tal efecto fabricó un total de 28 especímenes en forma de disco usando un molde de teflón cuyas dimensiones fue de 10 mm de diámetro x 2 mm de espesor. Las muestras se dividieron en dos grupos de 14 especímenes cada uno, el grupo 1 se fotopolimerizó a temperatura ambiente representado en 24°C, es decir no se termoplastificó; el grupo 2 se fotopolimerizó después una termoplastificación, para el cual se utilizó un dispositivo llamado kit de calentamiento Thermo-

flo TM, el cual estuvo encendido durante 30 minutos hasta alcanzar 68°C. La prueba de microdureza utilizó una carga de 100 g durante 10 segundo encontrando que la microdureza en el grupo de especímenes sin termoplastificación alcanzó 70.19 ± 2.74 , y los especímenes del grupo que recibió termoplastificación alcanzaron una dureza de 70.06 ± 1.77 ; no encontrándose diferencias significativas entre ambos grupos, por lo que se puede concluir que el precalentamiento sigue siendo un tema que está sujeto a mucha controversia para su uso clínico, y nos ha motivado a realiza el presente estudio sobre todo porque nos desempeñamos como profesionales odontólogos en la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud de 4380 msnm, una ciudad en donde la temperatura promedio anual alcanza los 13 °C en el día, buscando contribuir con datos que contribuyan a dilucidar tema en cuestión.

Quintanilla (2016) realizó un trabajo de investigación teniendo como objetivo comparar la microdureza superficial de la resina compuesta, fotoactivada a diferentes temperaturas y diferentes tiempos de climatización, para el cual se prepararon especímenes de resina compuesta FiltekTM Z350XT en forma circular de 5 mm de diámetro por 2 mm de grosor con la ayuda de matrices metálicas de bronce. La resina fue compactada sobre la matriz de bronce usando una espátula PFIG 4/% de la marca Hu-Friedy siendo fotopolimerizados con una lampara LED Bluephase C8 de la marca Ivoclar Vivadent con una intensidad de 600 mW/cm² por un periodo de 20 segundos en todos los grupos. Con respecto a los tiempos de termoplastificación, estas fueron 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C y 40 °C y a diferentes tiempos de climatización de 0, 10, 20 y 30 min, componiéndose cada grupo de 5 especímenes; encontrándose que en la medida que se aumenta la temperatura de termoplastificación también aumenta el promedio de microdureza superficial, observándose que en el grupo de 0°C la microdureza alcanzó un promedio de 83.62 ± 2.65 en la superficie; el grupo de 10°C alcanzó una microdureza promedio de 85.18 ± 1.87 ; asimismo el grupo termoplastificado a 20°C alcanzó un promedio de dureza superficial de 92.34 ± 2.81 ; el grupo termoplastificado a 30°C

alcanzó un microdureza superficial de 94.16 ± 1.56 y el grupo termoplastificado a 40°C alcanzó una microdureza promedio de 94.6 ± 2.05 en la superficie. Luego de un análisis estadístico inferencial observaron que el promedio de microdureza superficial en las resinas termoplastificados a 0°C y 10°C son menores significativamente que las resinas termoplastificados a 20°C , 30°C y 40°C . Estos datos tienen correlación con los datos encontrados en el presente estudio, muestran que el uso de la termoplastificación podría ser un aliado útil en la clínica de las resinas compuestas aumentando la microdureza superficial de la mismas.

Karen et al. (2014) realizó un estudio cuyo propósito fue determinar el efecto de la temperatura sobre la microdureza y la viscosidad de 4 tipos de composite. Para la evaluación de la microdureza, se insertaron resinas en moldes prefabricados para cada material, siendo dividido en 2 grupos, 10 especímenes en cada grupo. En el grupo 1, los materiales compuestos de resina se introdujeron en los moldes a temperatura ambiental y se procedió a la fotocuración; en el grupo 2, los compuestos resinosos se precalentaron en una máquina de calentamiento a 68°C por un periodo de 40 minutos, luego del cual se insertaron en los moldes y se fotocuraron en forma inmediata. Midieron la microdureza inmediatamente después del fotocurado, así como 24 horas después del mismo, usando una carga de 300 g aplicada durante 10 segundos. Encontraron que las resinas precalentadas presentaban mayores niveles de dureza en comparación con las resinas sin precalentamiento siendo en el caso del composite Filtek supremo ultra, una microdureza de 60.60 cuando no se procedió con el precalentamiento, mientras que cuando recibió el precalentamiento la dureza alcanzo a 70.62, mostrando diferencias que fueron significativas. Estos datos reafirman que el precalentamiento de la resina mejora la propiedad de microdureza superficial tal como evidenciamos en nuestro estudio.

Mohammadi et al. (2016) usaron dos resinas compuestas, un composite a base de Silorano (Silorane) y un composite a base de Metacrilato (Z-250) ambos se termoplastificaron a diferentes temperaturas, siendo ellas a 25, 37 y 68 °C; posteriormente se probaron con máquinas de medición de la microdureza superficial, así como la resistencia a la flexión y el módulo elástico del material. Encontraron que la microdureza presentó mayores niveles de microdureza en los grupos donde el precalentamiento alcanzo los 68°C, siendo la dureza de 63.92 para el Silorane y de 105.28 para el composite Z - 250 mientras que en los grupos donde la temperatura de precalentamiento fue de 25°C la microdureza alcanzo a 81.07 para la Z – 350, mientras que para el Silorane fue de 57.42. Los resultados referidos muestran correlación con los datos obtenidos en nuestro estudio.

Değirmenci et al. (2022) realizó un trabajo de investigación que tuvo como objetivo evaluar el efecto del precalentamiento de tres resinas compuestas Bulk-fill y una resina compuesta convencional sobre la microdureza Vickers y la profundidad de curado. Los composites utilizados fueron Bulk-Fill-SDR Plus (SDR), Estelite BULK FILL Flow (EST), Admira® Fusion x-tra (AFX), y la resina compuesta convencional fue G-aenial POSTERIOR (GP). Los especímenes fueron obtenidos a temperatura ambiental que en promedio estuvo en 24°C y a 55°C, para el cual se usó un dispositivo de calentamiento de resinas compuestas Ena Heat de Micerium por 10 minutos. Se formaron un total de 8 grupos de 10 especímenes cada uno, los cuales tenían una dimensión de 2 mm de grosor y 8 mm de diámetro, los grupos se conformaron según el tipo de resina y su termoplastificación o no. Para el fotocurado de los especímenes se utilizó un dispositivo LED Elipar S10 de 3M-ESPE con una potencia luminosa de 1200 mW/cm² durante 20 segundos. Encontrándose que los valores de microdureza difieren con el uso del precalentamiento, observado en la resina Estelite que la microdureza superficial promedio fotopolimerizado a temperatura ambientes fue 34.7 ± 2.4 , mientras que la microdureza superficial alcanzó a 37.3 ± 1.7 cuando la resina tuvo un tratamiento previo de

calentamiento, el mismo comportamiento se observó en los diferentes grupos con el uso de diferentes resinas compuestas. Estos datos sugieren que el uso de precalentamiento aumenta el nivel microdureza superficial de las resinas compuestas.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ La dureza superficial de las resinas mostraron mayores valores en la medida que se incrementó la temperatura de termoplastificación.
- ❖ Los especímenes de resina fotocurado a temperatura ambiente, lograron una dureza promedio de 53.09 ± 5.11 siendo significativamente menor que los especímenes fotocurado previa termoplastificación a 70°C en donde se alcanzó una microdureza media de 60.77 ± 5.65 ($P < 0.05$)
- ❖ Los especímenes de composite fotocurado con una termoplastificación de 40°C alcanzan un valor promedio de microdureza de 53.62°C , esto no evidencia mostro diferencia significativa con el grupo 3; pero comparado con el grupo 4 la diferencia resulta significativa ($p < 0.05$)
- ❖ Los especímenes que fueron termoplastificados a 70°C (60.77 ± 5.65) mostró una microdureza superficial significativamente mayor al grupo 1 (53.09 ± 5.11) y 2 (53.62 ± 5.05); no observándose esa diferencia estadísticamente significativa con el grupo 3 (55.76 ± 4.51)

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Incorporar el uso de calentadores de resina para la respectiva termoplastificación, ya que a la luz de los resultados mejora los niveles de microdureza superficial y con ello el desempeño clínico de los mismos
- ❖ Realizar otros estudios en los cuales se consideren otras marcas y tipos de resinas, así como evaluar la microdureza en forma longitudinal.
- ❖ Diseñar un estudio que incremente el control de la climatización de las resinas compuestas antes de su uso, ya que, en Cerro de Pasco, ciudad ubicada a 4380 m s.n.m., la temperatura ambiente tiene un comportamiento muy variable.

VIII. REFERENCIAS

- Alvarado Santillan, G. H., & Huertas Mogollón, G. A. (2020). Resina precalentada como agente cementante: una revisión de tema. *CES Odontología*, 33(2), 159–174. <https://doi.org/10.21615/cesodon.33.2.14>
- Awliya, WY (2007). The influence of temperature on the efficacy of polymerization of composite resin. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 8(6), 9–16. <https://www.thejcdp.com/doi/pdf/10.5005/jcdp-8-6-9>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Blalock, J. S., Holmes, R. G., & Rueggeberg, F. A. (2004). Effect of temperature on unpolymerized composite resin film thickness Presented at the International Association for. In *JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 424(6). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022391306004793>
- Calza T, B. (2017). Influencia del precalentamiento sobre la adaptación interna de restauraciones de resinas compuestas. estudio in vitro. *Revista De La Facultad De Ciencias Médicas De Córdoba (Suplemento JIC XVIII)*. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/med/article/view/17896/17783>
- Chaharom, M. E. E., Bahari, M., Safyari, L., Safarvand, H., Shafaei, H., Navimipour, E. J., Oskoei, P. A., Ajami, A. A., & Kahnamouei, M. A. (2020). Effect of preheating on the cytotoxicity of bulk-fill composite resins. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 14(1), 19–25. <https://doi.org/10.34172/joddd.2020.003>
- Cramer, N. B., Stansbury, J. W., & Bowman, C. N. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of Dental Research*, 90(4), 402–416. <https://doi.org/10.1177/0022034510381263>

- Daronch, M., Rueggeberg, F. A., De Goes, M. F., & Giudici, R. (2006). Polymerization kinetics of pre-heated composite. *Journal of Dental Research*, 85(1), 38–43. <https://doi.org/10.1177/154405910608500106>
- Dias, M. F., Espíndola-Castro, L. F., Lins-Filho, P. C., Teixeira, H. M., Silva, C. H. V., & Guimarães, R. P. (2020). Influence of different thermopolymerization methods on composite resin microhardness. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(4), e335–e341. <https://doi.org/10.4317/JCED.56772>
- Ebrahimi-Chaharom, M. E., Safyari, L., Safarvand, H., Jafari-Navimipour, E., Alizadeh-Oskoei, P., Ajami, A. A., Abed-Kahnamouei, M., & Bahari, M. (2020). The effect of pre-heating on monomer elution from bulk-fill resin composites. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(9), e813–e820. <https://doi.org/10.4317/jced.56989>
- Elkaffas, A. A., Eltoukhy, R. I., Elnegoly, S. A., & Mahmoud, S. H. (2019). The effect of preheating resin composites on surface hardness: a systematic review and meta-analysis. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 44(4). <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e41>
- Elkaffas, A. A., Eltoukhy, R. I., Elnegoly, S. A. E., & Mahmoud, S. H. (2020). Influence of preheating on mechanical and surface properties of nanofilled resin composites. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(5), e494–e500. <https://doi.org/10.4317/JCED.56469>
- Erhardt, M. C. G., Goulart, M., Jacques, R. C., Rodrigues, J. A., & Pfeifer, C. S. (2020). Effect of different composite modulation protocols on the conversion and polymerization stress profile of bulk-filled resin restorations. *Dental Materials*, 36(7), 829–837. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.03.019>
- Freedman G., & Krejci I. (2004). Warming Up to Composites. *Compendium*, 25(5), 1–5. https://www.addent.com/wp-content/uploads/2017/04/article_3.pdf
- Fróes-Salgado, N. R., Silva, L. M., Kawano, Y., Francci, C., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2010). Composite pre-heating: Effects on marginal adaptation, degree of conversion

- and mechanical properties. *Dental Materials*, 26(9), 908–914. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.03.023>
- Gazola, E. A., Rego, M. A., Brandt, W. C., D’Arce, M. B. F., & Liporoni, P. C. S. (2015). Microhardness evaluation of silorane and methacrylate composites submitted to erosion and abrasion processes. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 1(2–4), 66–69. <https://doi.org/10.3109/23337931.2015.1084884>
- Hervás García, A., Angel, M., Lozano, M., Cabanes Vila, J., Escribano, A. B., Galve, P. F., Adela, D., & García, H. (2006). *Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas*, 11(2). <https://scielo.isciii.es/pdf/medicorpa/v11n2/23.pdf>
- ISO 4049:2019(en), *Dentistry — Polymer-based restorative materials*. (n.d.). Retrieved January 22, 2025, <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:4049:ed-5:v1:en>
- Karen, Ayub DDS, Gildo C., & Santos Jr. (2014). Effect of Preheating on Microhardness and Viscosity of 4 Resin Composites. *J. Can. Dent. Assoc.* 80(e12), 1–8. <https://jcda.ca/sites/default/files/e12/e12.pdf>
- Lovell, L. G., Lu, H., Elliott, J. E., Stansbury, J. W., & Bowman, C. N. (2001). The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. *Dental Materials*, 17(6), 504–511. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0109564101000100?via%3Dihub>
- Mesquita, R. V., & Geis-Gerstorfer, J. (2008). Influence of temperature on the visco-elastic properties of direct and indirect dental composite resins. *Dental Materials*, 24(5), 623–632. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.06.025>
- Mohammadi, N., Jafari-Navimipour, E., Kimyai, S., Ajami, A. A., Bahari, M., Ansarin, M., & Ansarin, M. (2016). Effect of pre-heating on the mechanical properties of silorane-based and methacrylate-based composites. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 18(4), 373–378. <https://doi.org/10.4317/jced.52807>
- Pirmoradian, M., Hooshmand, T., Jafari-Semnani, S., & Fadavi, F. (2020). Degree of conversion and microhardness of bulk-fill dental composites polymerized by LED and

- QTH light curing units. *Journal of Oral Biosciences*, 62(1), 107–113.
<https://doi.org/10.1016/j.job.2019.12.004>
- Porto, I. C. C. D. M., De Aguiar, F. H. B., Brandt, W. C., & Liporoni, P. C. S. (2013). Mechanical and physical properties of silorane and methacrylate-based composites. *Journal of Dentistry*, 41(8), 732–739. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.05.012>
- Rizzante, F. A. P., Duque, J. A., Duarte, M. A. H., Mondelli, R. F. L., Mendonça, G., & Ishikiriama, S. K. (2019). Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dental Materials Journal*, 38(3), 403–410.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2018-063>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2020). *CLIMAS DEL PERÚ-Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2011). *Boletín Agro Hidroclimático mensual DZ 11*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/04501SENA-111.pdf>
- Sharafeddin, F., Motamedi, M., & Fattah, Z. (2015a). Effect of Preheating and Precooling on the Flexural Strength and Modulus of Elasticity of Nanohybrid and Silorane-based Composite. In *J Dent Shiraz Univ Med Sci* (Vol. 16, Issue 3).
https://www.researchgate.net/publication/283500229_Effect_of_Preheating_and_Precooling_on_the_Flexural_Strength_and_Modulus_of_Elasticity_of_Nanohybrid_and_Silorane-based_Composite
- Tantbirojn, D., Chongvisal, S., Augustson, D. G., & Versluis, A. (2011). Hardness and postgel shrinkage of preheated composites. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 42(3), e51-9.
https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagd%3A2%3A27117618/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagd%3A59897000&crl=c&link_origin=scholar.google.es

- Tauböck, T. T., Tarle, Z., Marovic, D., & Attin, T. (2015). Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: Effects on shrinkage force and monomer conversion. *Journal of Dentistry*, 43(11), 1358–1364. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.07.014>
- Theodoridis, M., Dionysopoulos, D., Koliniotou-Koumpia, E., Dionysopoulos, P., & Gerasimou, P. (2017). Effect of preheating and shade on surface microhardness of silorane-based composites. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 8(2). <https://doi.org/10.1111/jicd.12204>
- Xue, J., & Yang, B. (2019). Effect of preheating on the properties of resin composite. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi / West China Journal of Stomatology*, 37(6), 571–576. <https://doi.org/10.7518/hxkq.2019.06.001>
- Yeolekar, T. S., Chowdhary, N. R., Mukunda, K., & Kiran, N. (2015). Evaluation of Microleakage and Marginal Ridge Fracture Resistance of Primary Molars Restored with Three Restorative Materials: A Comparative in vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 8(2), 108–113. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1294>
- Zanch, & Cohen. (1965). *Endodontics American Association of Endodontists Pulp response to externally applied heat*. University College of Dentistry. <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-0030422065900150/first-page-pdf>
- 3M Filtek. (2017). *Perfil técnico del producto TM*. <https://multimedia.3m.com/mws/media/725177O/tpp-filtek-z350-xt.pdf>.

IX. ANEXOS

Anexo A: Ficha de recolección de datos

MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA				
Grupo 1				
Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	PROMEDIO (HV)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Grupo 2				
Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	PROMEDIO (HV)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Grupo 3				
Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	PROMEDIO (HV)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Grupo 4				
Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	PROMEDIO (HV)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Anexo B: Constancia de ejecución del procedimiento

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA



ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLÓGIA

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
ODONTOLÓGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES
CARRIÓN

**CERTIFICA:**

Que el Mag. **Gilmer Neker SOLIS CONDOR**, ha usado los ambientes de la clínica odontológica de nuestra institución para la aplicación del trabajo de investigación **MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES TEMPERATURAS A 4380 m s.n.m. IN VITRO.**

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Cerro de Pasco, 03 de junio del 2025

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLÓGIA
DR. MILAGROS SALVATIERRA CELIS
DIRECTOR

Anexo C: Informe técnico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica
Laboratorio de Mecánica N° 4

INFORME TECNICO
Lb4 - 0732 - 2022

ENSAYOS DE MICRODUREZA A MUESTRAS DE RESINA DENTAL

* SOLICITANTE : GILMER SOLIS CONDOR
* REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 108184
* FECHA : Lima, 21 de diciembre de 2022

1. ANTECEDENTES

Se recibió cuarenta (40) muestras de resina dental, con la finalidad de realizar lo siguiente:

* Ensayo de microdureza

2. DE LA MUESTRA

Se identificó según el cliente, como:

Cuarenta (40) muestras de resina dental, de características:

* Material : Resina dental
* Trabajo de investigación : "Microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a 4380 m.s.n.m. IN VITRO"

3. EQUIPOS UTILIZADOS

* Microdurómetro Vickers marca LEITZ, aprox. 0.5 μm .

4. CONDICIONES DE ENSAYO

* T. : 19 °C
* H.R. : 75 %

5. RESULTADOS

5.1 GRUPO 1

Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	Promedio (HV)
1	57.5	56.6	57.5	57.2
2	57.2	58.6	56.3	57.4
3	56.8	57.3	55.8	56.6
4	59.3	57.9	57.5	58.2
5	53.5	55.1	58.0	55.5
6	62.9	61.3	57.1	60.4
7	53.1	55.8	55.7	54.9
8	59.4	62.1	60.0	60.8
9	52.5	49.5	50.1	50.7
10	43.3	49.2	45.0	45.8

5.2 GRUPO 2

Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	Promedio (HV)
1	46.0	47.8	49.5	47.8
2	46.3	47.8	47.2	47.1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica
Laboratorio de Mecánica N° 4

Lb4 - 0732 - 2022

Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	Promedio (HV)
3	50.7	50.1	51.7	50.8
4	62.2	60.1	59.5	60.6
5	57.9	59.0	58.3	58.4
6	51.3	50.7	53.1	51.7
7	55.4	51.9	52.7	53.3
8	52.4	51.3	51.6	51.8
9	52.5	54.4	52.0	53.0
10	63.7	60.1	61.5	61.8

5.3 GRUPO 3

Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	Promedio (HV)
1	57.2	57.0	58.1	57.4
2	51.3	52.6	51.4	51.8
3	51.9	53.7	52.5	52.7
4	65.9	65.9	63.1	65.0
5	48.1	50.7	49.4	49.4
6	47.6	48.7	47.7	48.0
7	50.6	53.1	53.0	52.2
8	40.3	40.8	40.9	40.7
9	50.7	54.8	54.1	53.2
10	53.5	53.8	54.3	53.9

5.4 GRUPO 4

Muestra	HV 1	HV 2	HV 3	Promedio (HV)
1	63.3	65.3	67.5	65.4
2	59.6	67.1	66.8	64.5
3	56.1	57.5	57.1	56.9
4	67.2	68.6	68.0	67.9
5	72.5	66.8	69.7	69.7
6	58.6	53.4	56.1	56.0
7	58.6	52.5	52.5	54.5
8	60.1	55.1	54.7	56.6
9	55.4	55.1	55.7	55.4
10	60.3	60.5	61.4	60.7

* Código de autenticación : DCCLI (CCXLIV CCLXVI) DCCXLIX DCCXXXII TAPI JUÑO



MSC. ING. WINSTON ACE/JAS PAJARES
CIP: 34882
Jefe del Laboratorio de Mecánica - Lab. N° 4

Anexo D: Sistema de similitud Turnitin



Universidad Nacional
Federico Villarreal

EUPG ESCUELA
UNIVERSITARIA
DE POSGRADO
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Lima, 2 de setiembre del 2024

OFICIO N° 6535-2024-OGGE-EUPG-UNFV

Señor Maestro

SOLÍS CONDOR GILMER NEKER.

Egresado del Doctorado en Odontología.

Presente. -

Asunto : 1A - SOLÍS CONDOR GILMER NEKER - CONTROL ANTIPLAGIO

NT. : 055443 - 2024

Me dirijo a usted con un saludo cordial y a la vez, en atención al documento de la referencia, se remite los resultados de evaluación obtenidos en el Sistema de Similitud TURNITIN del trabajo de investigación "MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES TEMPERATURAS A 4380 m s.n.m. IN VITRO" de su autoría, el mismo que obtuvo el siguiente porcentaje 16%:

Por lo expuesto, el trabajo CUMPLE CON:

1. La estructura del trabajo de investigación de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNFV aprobado con Resolución R. N° 2900-2018-CU-UNFV de fecha 25.06.18, y/o la Resolución N° 4211-2018-CU-UNFV de fecha 19.12.2018, según corresponda.
2. EL porcentaje DE SIMILITUD PERMITIDO, de acuerdo al artículo 12° del Reglamento del Repositorio Científico de la UNFV R.R N° 7170-2020-CU-UNFV; por lo que puede continuar con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, quedamos de usted, no sin antes expresarle la muestra de nuestra consideración y estima personal.

Atentamente,

Dra. Miriam Lujana Flores Coronado

Jefa

Oficina de Grados y Gestión del Egresado

MLFC/OGGE

Adj: archivo digital con el correo electrónico

Prolongación Camaná N° 1014 - Cercado de Lima

Teléfono: 748-8808

Anexo E: Ficha técnica 3M

Filtek Z350 XT

(Restaurador Universal con Nanotecnología)



Descripción

Filtek Z350 XT de 3M ESPE es una resina foto polimerización diseñada para ser utilizada en restauraciones anteriores y posteriores. Necesita de un adhesivo dental, como Single Bond 2 o Single Bond Universal. Disponible en un amplio rango de colores y en distintas opacidades, dentina, esmalte, cuerpo y translúcidos. Para realizar reconstrucciones en técnica de una sola opacidad, opacidad dual, y estratificación completa. Viene en presentación de jeringas de 4 g.

Ventajas

Nanotecnología

- El 100% del tamaño del relleno es nanométrico, que le confieren un brillo y estética mayor que el resto de los composites.
- Por otro lado el contenido de nanocluster en el relleno (aglomeraciones de nanopartículas), produce una integridad estructural ofreciendo un composite con gran resistencia a la fractura y al desgaste.

Versatilidad

- Se puede utilizar en técnica incremental con una sola opacidad, opacidad dual, o estratificación completa, dependiendo de los requerimientos estéticos de su paciente.
- Disponibles en: Opacidades dentina, cuerpo, esmalte y translúcidos para técnica estratificada.

Indicaciones de Uso

Restauraciones directas en anteriores y posteriores

- Fabricación de núcleos
- Ferulizaciones
- Restauraciones indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas
- Restauraciones Clase I, II, III, IV y V
- Odontología Mínimamente Invasiva (OMI)
- Técnica sandwich con Ionómeros de vidrio
- Reconstrucción de Cúspides

Actualización Nov 2017

Instrucciones de Uso

Restauraciones anteriores y posteriores.

- Una capa → Cuerpo o Body
- Dual → Dentina / Esmalte o Cuerpo / Esmalte
- Multicapa o estratificación de 4 opacidades: → Dentina, Cuerpo, Esmalte, Translúcido.

Tiempos de Polimerización:

Opacidades Cuerpo, Esmalte y Translúcidos:

- Capa de 1.5 a 2.0 mm 20 seg.

Opacidad dentina:

- Capa de 1.5 a 2.0 mm 30 seg.

Presentación

Jeringas de 4 g.:

Dentina: A1, A2, A3, A4; WD
Body: A1, A2, A3.5, A4, B1, B2, B3, C2, XWB
Esmalte: A1, A2, A3, B2, D2, WE, XWE,
Translúcido: AT, BT, CT, GT,

Kit 5 jeringas Filtek Z350 XT opacidades BODY (tonos cuerpo) + Adhesivo SBU (3 ml)

Tonos: A1B; A2B, A3B, A3.5B, B2B

Kit 5 jeringas Filtek Z350 XT opacidades BODY (tonos cuerpo) + Adhesivo SBond 2 (3 g)

Tonos: A1B; A2B, A3B, A3.5B, B2B

Kit 12 jeringas para estratificación Filtek Z350 XT (para estratificación en tonos A2, A3 y A3.5) + Adhesivo SBU (3ml)

Opacidades Dentina: A3D, A4D,
Opacidad Body (cuerpo): A2B, A3B, A3.5B, A4B.
Opacidad Esmalte: A1E, A2E, A3E, D2E
Opacidad Translúcido: AT y CT.

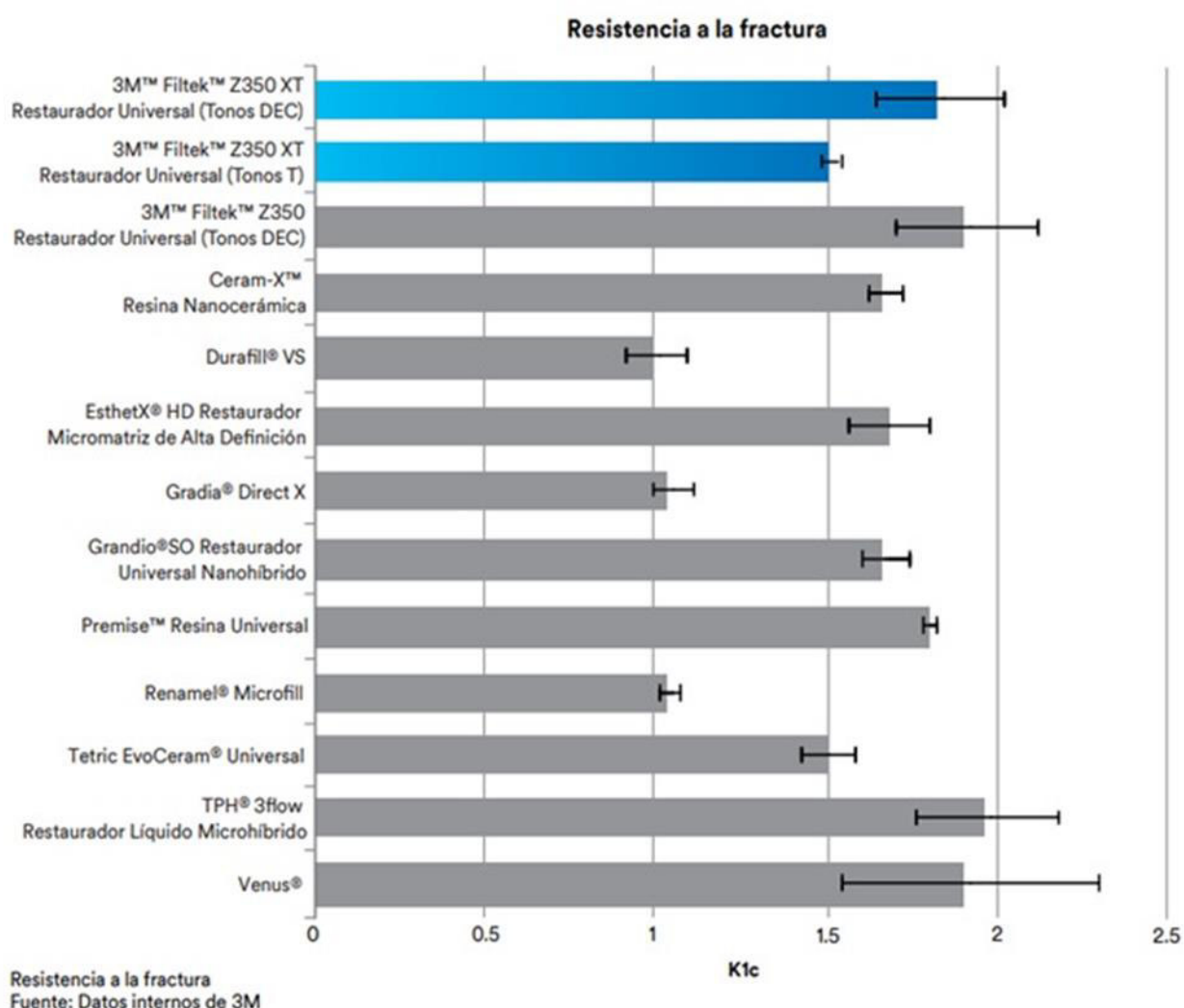
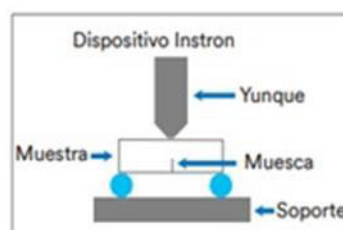
1 rueda de colores

1 guía técnica

Instrucciones de uso

Resistencia a la fractura

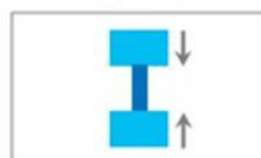
Los valores reportados para la resistencia a la fractura (K1c) están relacionados con la energía requerida para propagar una fisura. En esta prueba, se fotocura un pequeño cilindro de la resina. Se corta una muesca en el cilindro. Se coloca este último sobre un soporte con apoyos en ambos extremos y se posiciona un estilete encima de la muesca. Esto es similar a la flexión de tres cuerpos (similar al dispositivo que brinda información sobre el módulo y la resistencia a la flexión).



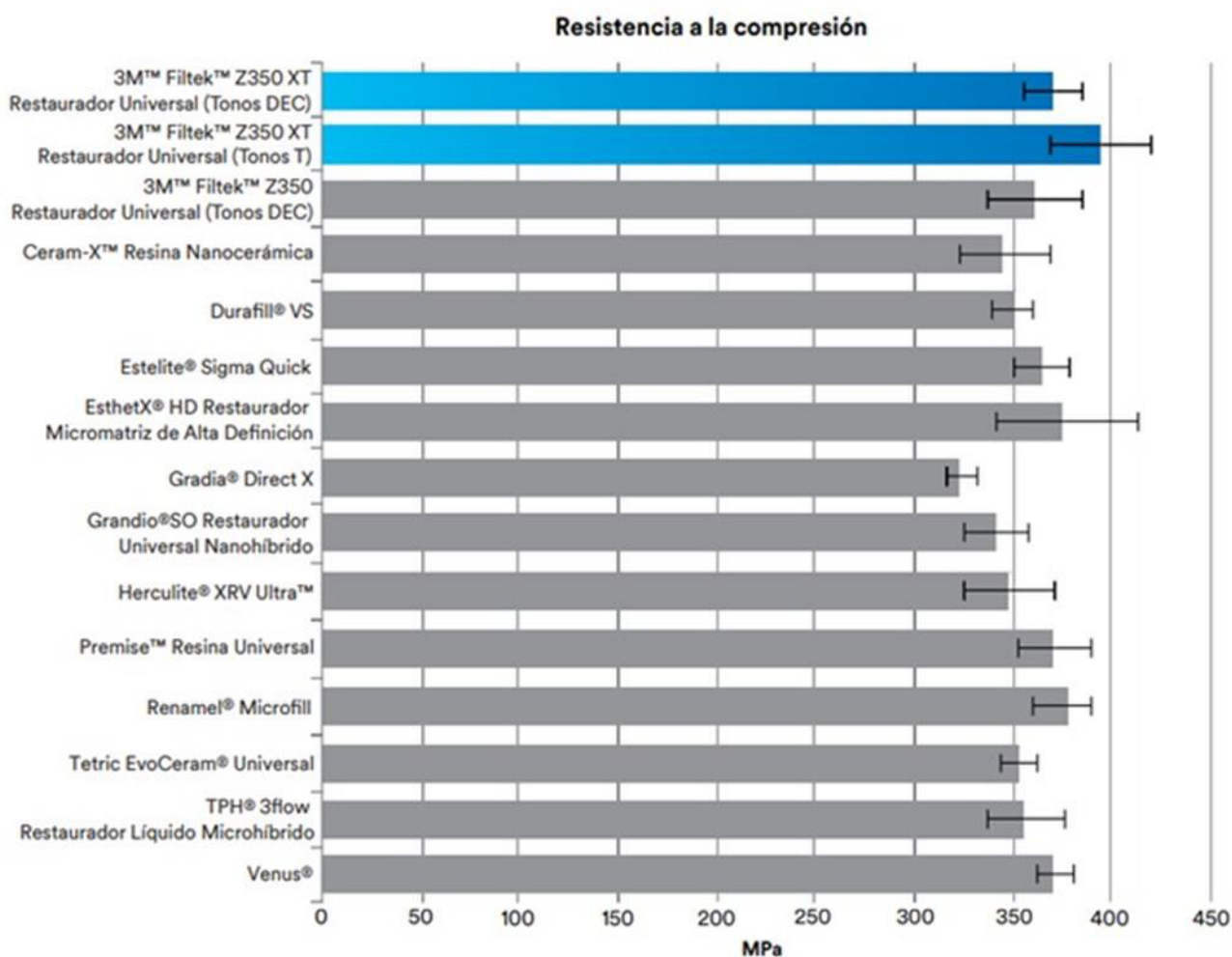
La resistencia a la fractura de 3M™ Filtek™ Z350 XT Restaurador Universal (tonos DEC) es comparable a la de 3M™ Filtek™ Z350 Restaurador Universal. Estadísticamente, Filtek Z350 XT tiene una resistencia a la fractura significativamente más alta que la de las resinas de microrrelleno Durafill VS y Renamel Microfill. La resistencia a la fractura de Filtek Z350 XT es también significativamente más alta en términos estadísticos que la de Gradia® Direct X y Tetric EvoCeram® Universal.

Resistencia a la compresión y a la tensión diametral

La resistencia a la compresión es de particular importancia debido a las fuerzas masticatorias. Se fabrican cilindros de las resinas y se aplican fuerzas simultáneas en los extremos opuestos de cada muestra. La falla de las muestras es el resultado de las fuerzas de cizallamiento y de tensión.

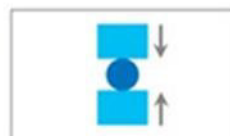


La resistencia a la compresión de los tonos DEC y T de 3M™ Filtek™ Z350 XT Restaurador Universal es comparable a la de 3M™ Filtek™ Z350 Restaurador Universal (tonos DEC). Estadísticamente, Filtek Z350 XT tiene una resistencia significativamente más alta que la de Gradia® Direct X.

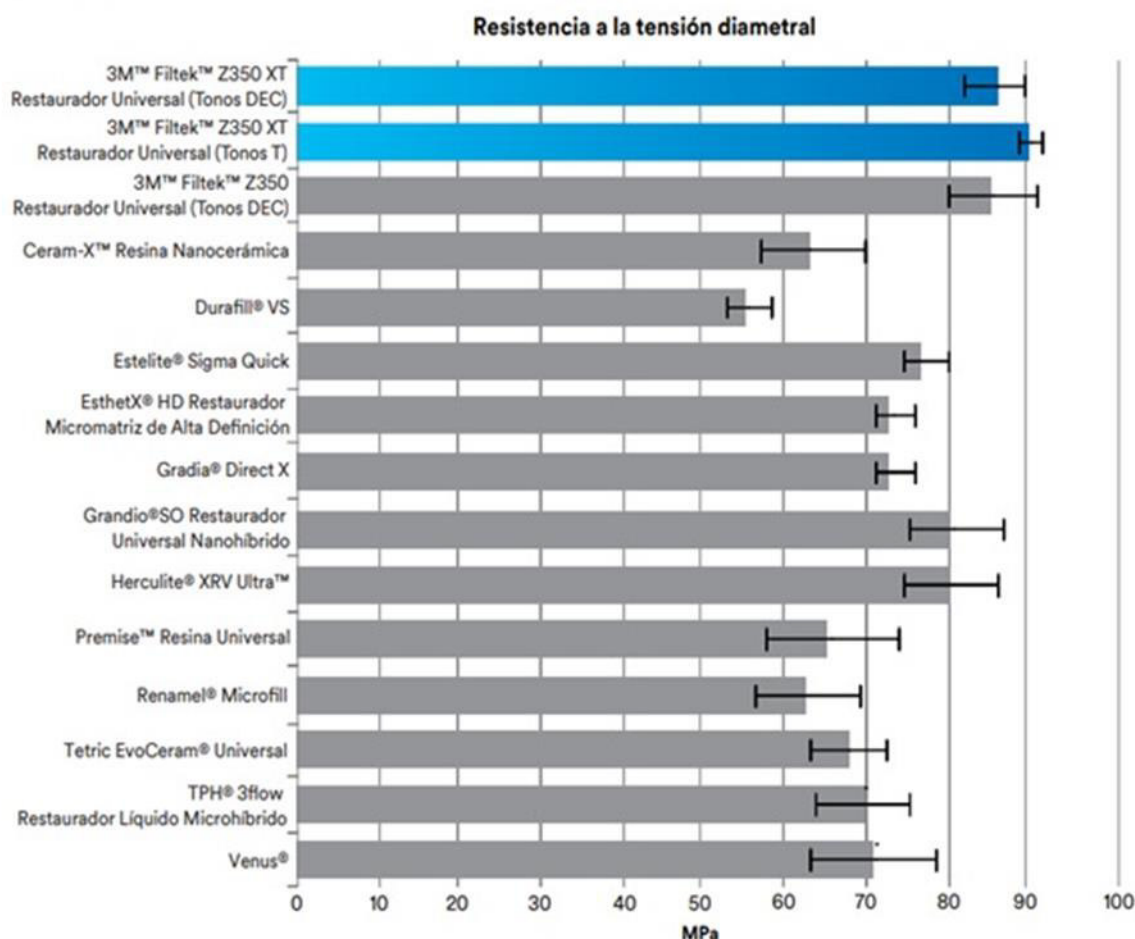


Resistencia a la compresión
Fuente: Datos internos de 3M

La resistencia a la tensión diametral se mide usando un aparato similar al de la resistencia a la compresión. Se aplican fuerzas compresivas a los lados de la muestra, no en sus extremos, hasta que ocurre una fractura.



La resistencia a la tensión diametral de 3M™ Filtek™ Z350 XT Restaurador Universal es comparable a la de 3M™ Filtek™ Z350 Restaurador Universal. Estadísticamente, la resistencia a la tensión diametral de Filtek Z350 XT es significativamente más alta que la de las resinas de microrrelleno Durafill® VS y Renamel® Microfill. Además, es estadísticamente más alta que la de las resinas universales Ceram-X™ Resina Nanocerámica, Estelite® Sigma Quick, EsthetX® HD Restaurador Micromatriz de Alta Definición, Gradia® Direct X, Grandio®SO Restaurador Universal Nanohíbrido, Herculite® XRV Ultra™, Premise™ Resina Universal, Tetric EvoCeram™ Universal, TPH® 3flow Restaurador Líquido Microhíbrido y Venus®.



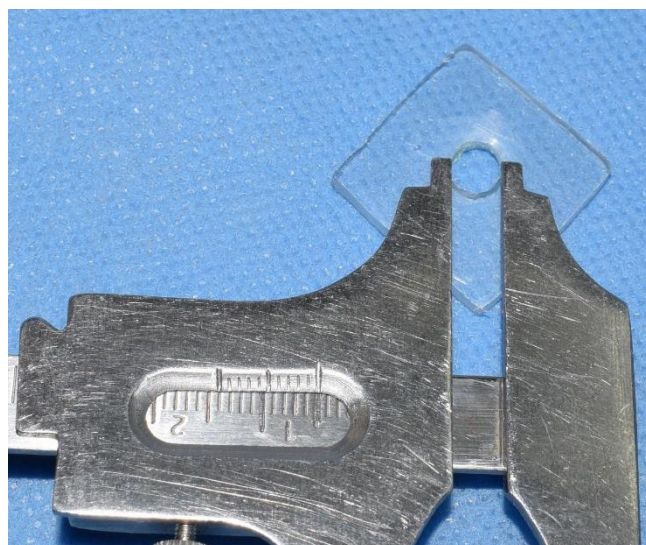
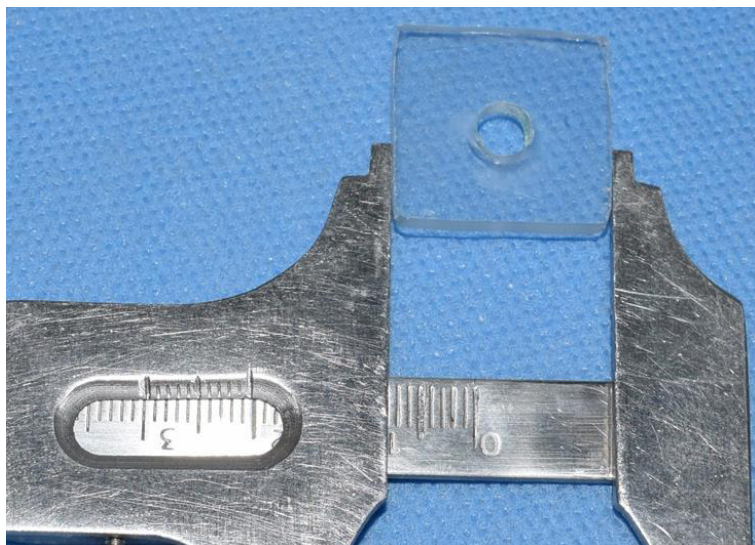
Resistencia a la tensión diametral
Fuente: Datos internos de 3M

Anexo F: Indentaciones de los especímenes con el durómetro

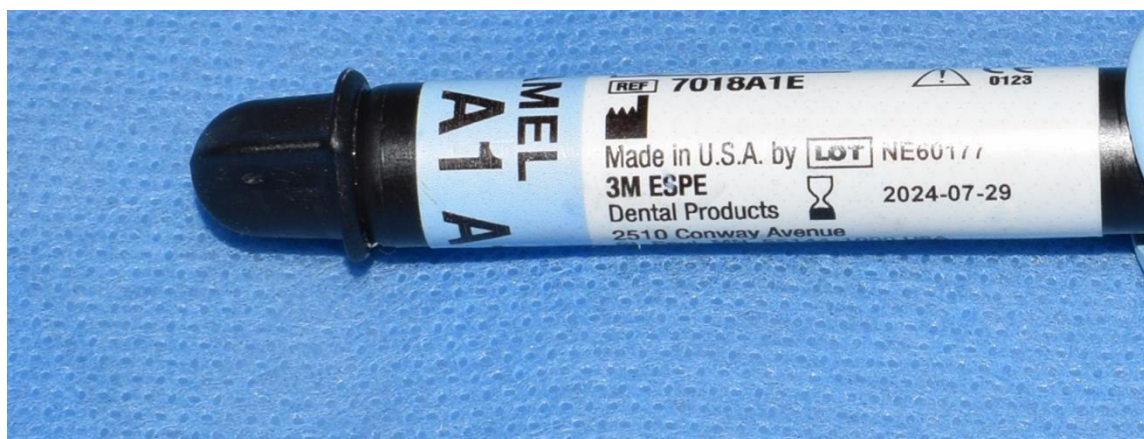


Anexo G: Tabla de composición de 3MTM Filtek™ Z350 XT

Bis GMA		LOTE
Resinas	UDMA	
	TEGDMA	
	Bis EMA	NE60177
Sílice (20 nm)		
Relleno Inorgánico	Zirconia (4 – 11 nm)	
(78,5% en peso)	Clusters de Zr-Si de 0,6 -10 μ (Si: 20 nm; Zr: 4-11 nm)	

Anexo H: Procedimientos

Placas de acetato duro de 2 mm de grosor en forma de cuadrangular de 20 mm x 20mm, en cuyo centro de diseño un espacio circular de 5 mm de diámetro



Resina compuesta de nanorrelleno comercial A1 Filtek Z350 XT (3M ESPE)

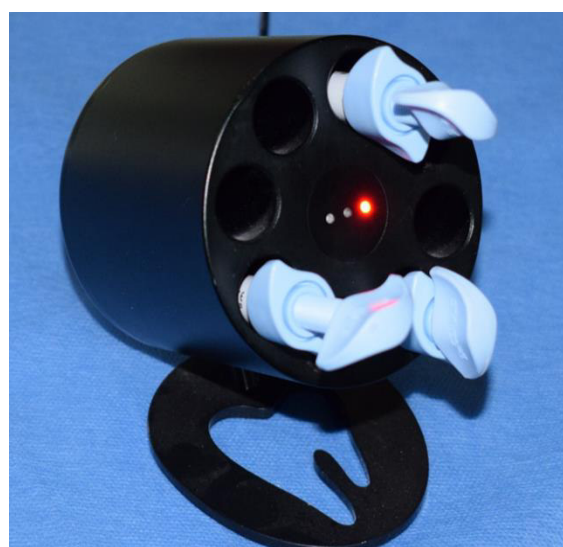
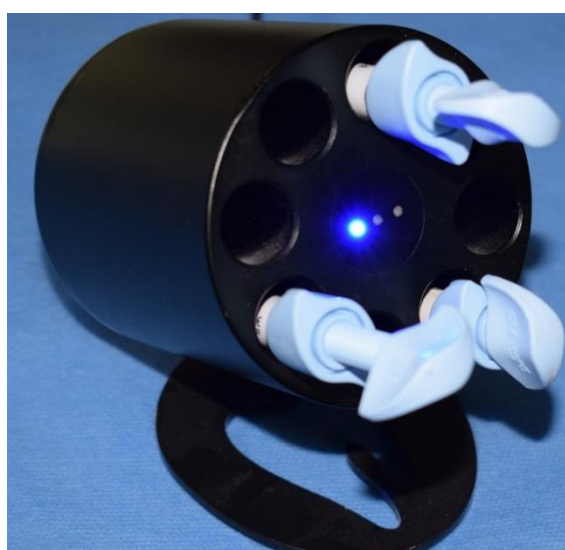


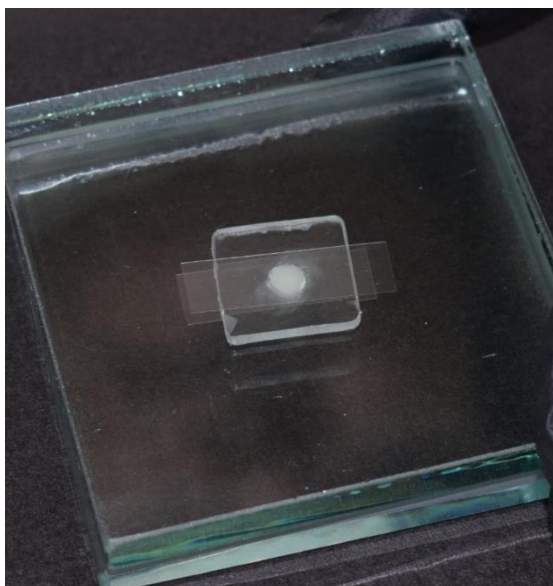
Figura 3.

Dispositivo de calentamiento AR





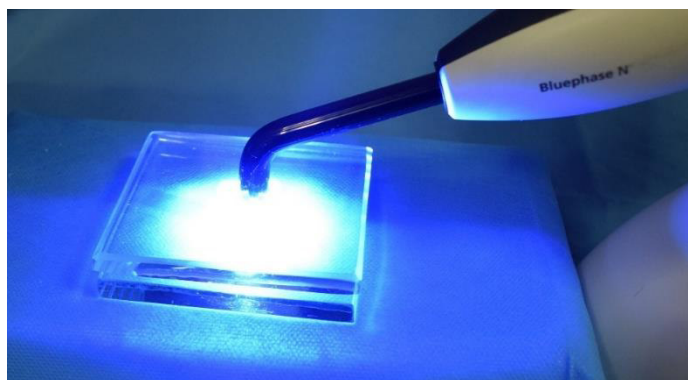
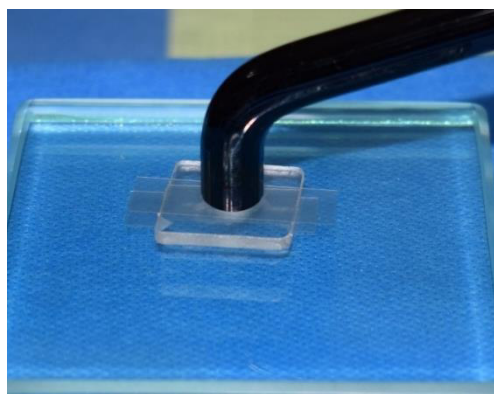
Compactación de resina compuesta sobre las platinas de acetato previa colocación de cinta celuloide en la base y luego en la cara superior del espécimen



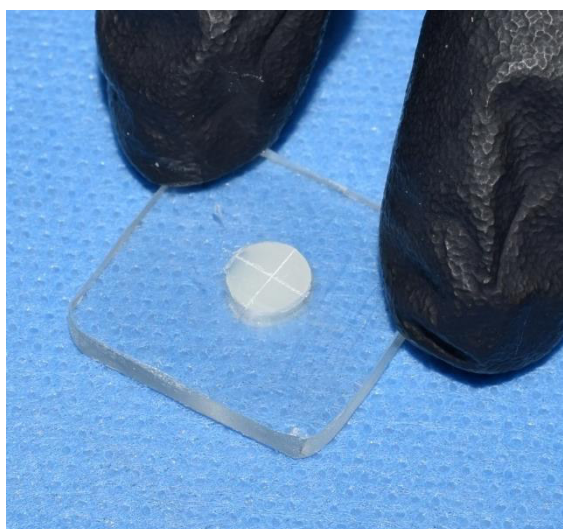
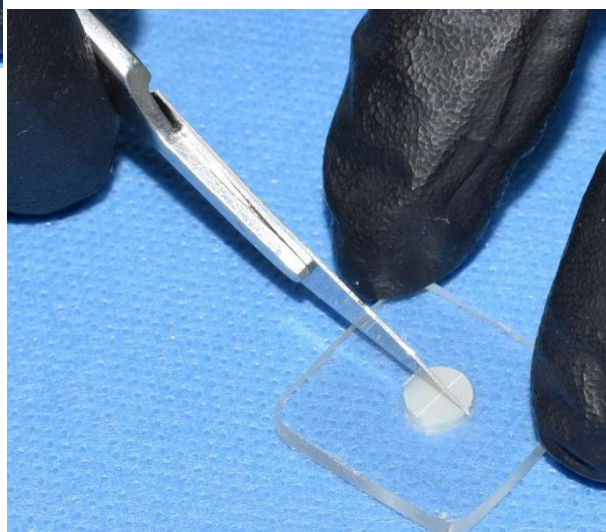
Compresión con una pesa de 1 kg por 30 segundos para extruir el exceso del material.



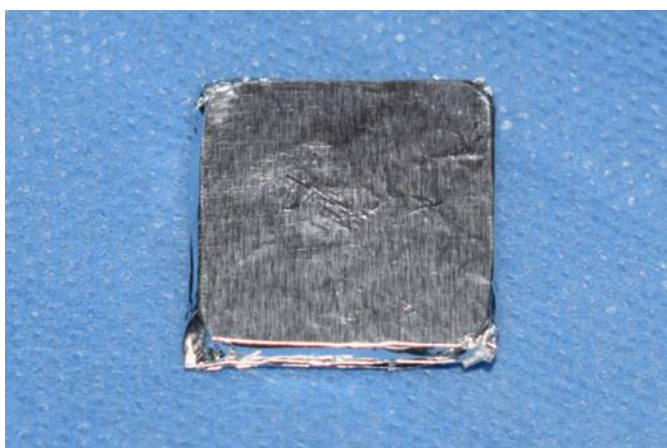
Estandarización de la lampara Bluephase N de Ivoclar-Vivadent a 1200 mW / cm².



Fotopolimerización del espécimen en estrecho contacto con su superficie a través de la cinta celuloide superior durante 10 segundos



División en 4 sectores para ser indentados aleatoriamente en 3 de ellos



Cobertura con papel de aluminio para poder ser transportados al laboratorio para su respectivo análisis

ANEXO I: Matriz de Consistencia

Tema: MICRODUREZA SUPERFICIAL DE UNA RESINA COMPUESTA FOTOPOLIMERIZADA TERMOPLASTIFICADA A DIFERENTES TEMPERATURAS A 4380 m s.n.m. IN VITRO				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General: ¿Existe diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.?	Objetivo General: Determinar la diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.	Hipótesis Nula: No existe diferencia en la microdureza superficial de una resina compuesta fotocurada, termoplastificada previamente a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.	Variable 1: Temperatura de termoplastificación de resina compuesta.	Tipo de Investigación: Experimental, in vitro. - Nivel: Comparativo Diseño de la Investigación: Experimental puro, in vitro Población y Muestra: 40 especímenes de resina compuesta de nanorelleno A2 Filtek Z350 XT (3M ESPE), divididos en 4 grupos de 10 especímenes cada uno (13°C, 40°C, 50°C y 70°C). Instrumento: Ficha de registro de datos para ensayos mecánicos de microdureza superficial
Problema Específico: 1) ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 13 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.? 2) ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 40 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.? 3) ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada	Objetivos Específicos: 1) Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 13 °C a una altitud de 4380 m s.n.m. 2) Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 40 °C a una altitud de 4380 m s.n.m. 3) Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta	Hipótesis Alterna: Existe diferencia entre la microdureza superficial de una resina compuesta fotocurada, termoplastificada previamente a diferentes temperaturas a una altitud de 4380 m s.n.m.	Variable 2: Microdureza superficial.	

previamente a 50 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.? 4) ¿Cuál es la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 70 °C a una altitud de 4380 m s.n.m.? 5) ¿Existe diferencia en la microdureza superficial de las resinas compuestas fotopolimerizadas, termoplastificada previamente a 13°C, 40°C, 50°C y 70 °C, a una altitud de 4380 msnm?	fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 50 °C a una altitud de 4380 m s.n.m. 4) Determinar la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada, termoplastificada previamente a 70 °C a una altitud de 4380 m s.n.m. 5) Comparar la microdureza superficial de las resinas compuestas fotopolimerizadas, termoplastificada previamente a 13°C, 40°C, 50°C y 70 °C, a una altitud de 4380 m s.n.m.			
--	--	--	--	--