

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología



**Influencia de las distintas potencias de fotopolimerización de una lámpara
LED de alta gama sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas
indicadas para restauraciones directas en el sector posterior, Arequipa
2024**

Tesis presentada por el Bachiller:

Alanoca Montes, Jesus Alberto

ORCID: 0009-0008-0287-2319

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor (a):

Dra. Salas Rojas, Monica Hilda Cleofe

ORCID: 0000-0001-7046-0967

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 20 de Marzo del 2025

Dictamen: 013297-C-EPO-2025

Visto el borrador del expediente 013297, presentado por:

2011700601 - ALANOCA MONTES JESUS ALBERTO

Titulado:

**INFLUENCIA DE LAS DISTINTAS POTENCIAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN DE UNA LÁMPARA LED
DE ALTA GAMA SOBRE LA DUREZA SUPERFICIAL DE DOS RESINAS COMPUESTAS INDICADAS
PARA RESTAURACIONES DIRECTAS EN EL SECTOR POSTERIOR, AREQUIPA 2024**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

CIRUJANO DENTISTA

**29716878 - PORTILLA MIRANDA SEREY DORIS
DICTAMINADOR**



**04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR**



**44601950 - ALVARADO GOMEZ ALBERTO ARMANDO
DICTAMINADOR**



Influencia de las distintas potencias de fotopolimerización de una lámpara LED de alta gama sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para restauraciones directas en el sector po

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	15%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
3	dspaceapi.uai.edu.ar	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unphu.edu.do	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorioacademico.upc.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

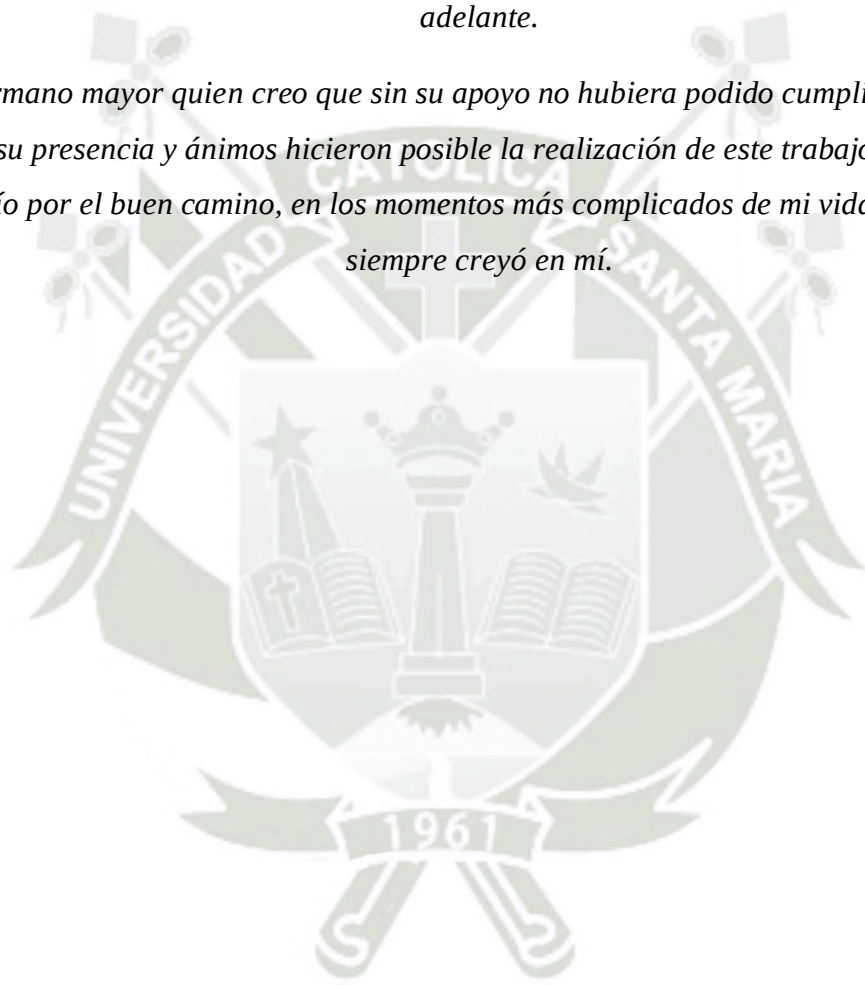
Apagado

DEDICATORIA

Mi eterna gratitud a mis padres por poder inculcarme valores, hábitos y creencias positivas, que me han permitido perseverar ante todos los desafíos que se me han presentado a lo largo de la vida.

A mi hijo que ha sido el motivo de luchar por mis sueños y la razón de seguir siempre adelante.

A mi hermano mayor quien creo que sin su apoyo no hubiera podido cumplir mis objetivos, que con su presencia y ánimos hicieron posible la realización de este trabajo, quien siempre me guío por el buen camino, en los momentos más complicados de mi vida, fue él quien siempre creyó en mí.



AGRADECIMIENTOS

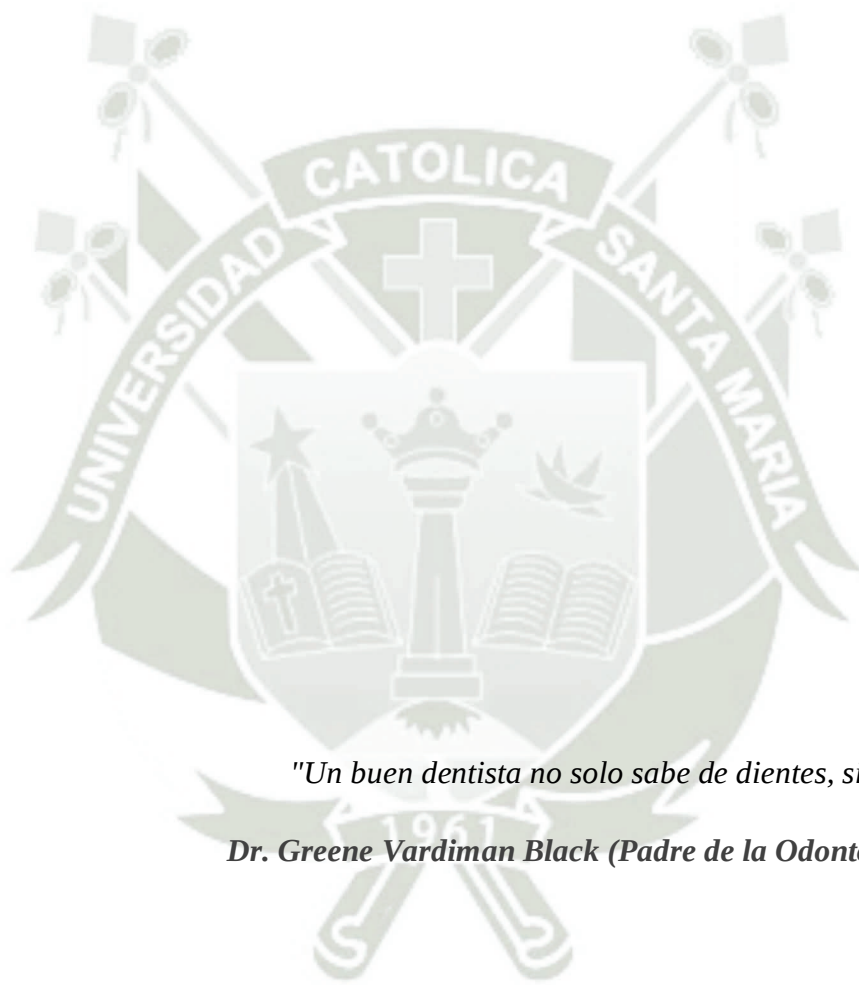
Estoy sumamente agradecido con Dios, quien me ha dado fuerzas y me ha mostrado el camino correcto.

Gracias a mi familia por estar ahí para mí y por su comprensión en este momento.

Finalmente, quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer a todos los que me han ayudado de alguna manera en este proyecto de investigación.



EPÍGRAFE



"Un buen dentista no solo sabe de dientes, sino de personas."

Dr. Greene Vardiman Black (Padre de la Odontología Moderna)

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar dos marcas de resinas nanohíbridas, Filtek P60 y Estelite Posterior, e investigar los efectos potenciales de tres intensidades de polimerización distintas de una lámpara LED de alta gama sobre la dureza de la superficie de estas resinas.

El componente experimental de la investigación incluyó 30 muestras, o unidades de estudio, en forma de cilindros de resina fabricados con un molde metálico diseñado a medida. Se establecieron dos grupos de trabajo: el grupo A se asoció con la resina Filtek P60, mientras que el grupo B se dividió en la resina Estelite Posterior. Posteriormente, los grupos se clasificaron en tres subgrupos cada uno (A1, A2, A3, B1, B2 y B3), correspondientes a las tres intensidades de luz de la lámpara utilizada para la fotopolimerización de los cilindros: 800 mW/cm², 1000 mW/cm² y 1200 mW/cm².

Tras la elaboración de los cilindros de resina, se evaluó la dureza superficial de todas las muestras con un durómetro en el laboratorio de la Facultad de Metalurgia de la Universidad Nacional de San Agustín. Se obtuvieron los siguientes promedios: 115,60 HV para el grupo A1, 119,20 HV para el grupo A2 y 107,20 HV para el grupo A3. Simultáneamente, se registraron los siguientes promedios para el grupo B: 101,40 HV en el grupo B1, 104,40 HV para el grupo B2 y 129,80 HV para el grupo B3.

El análisis de los datos del grupo A mediante ANOVA no reveló diferencias estadísticamente significativas en la dureza de la resina Filtek P60 entre las tres intensidades de fotopolimerización. En el grupo B, los resultados variaron; la prueba de ANOVA reveló variaciones significativas en la dureza. La prueba post-hoc de Tukey indicó que la dureza superficial de la resina Estelite Posterior es significativamente mayor con una potencia de luz de 1200 mW/cm² en comparación con los dos niveles de potencia más bajos.

Palabras clave: Dureza superficial, Potencia de polimerización, Resinas nanohíbridas.

SUMMARY

The primary objective of this research was to evaluate two brands of nanohybrid resins, Filtek P60 and Estelite Posterior, and to investigate the potential effects of three different polymerization intensities of a high-end LED lamp on the surface hardness of these resins.

The experimental component of the research included 30 samples, or study units, in the form of resin cylinders fabricated with a custom-designed metal mold. Two working groups were established: Group A was associated with Filtek P60 resin, while Group B was divided into Estelite Posterior resin. The groups were subsequently classified into three subgroups each (A1, A2, A3, B1, B2, and B3), corresponding to the three light intensities of the lamp used for photopolymerization of the cylinders: 800 mW/cm², 1000 mW/cm², and 1200 mW/cm². After the resin cylinders were manufactured, the surface hardness of all samples was evaluated using a durometer in the laboratory of the Faculty of Metallurgy at the National University of San Agustín. The following averages were obtained: 115.60 HV for group A1, 119.20 HV for group A2, and 107.20 HV for group A3. Simultaneously, the following averages were recorded for group B: 101.40 HV for group B1, 104.40 HV for group B2, and 129.80 HV for group B3.

Analysis of the data for group A using ANOVA revealed no statistically significant differences in the hardness of Filtek P60 resin among the three light-curing intensities. In group B, the results varied; the ANOVA test revealed significant variations in hardness. Tukey's post-hoc test indicated that the surface hardness of Estelite Posterior resin is significantly higher at a light power of 1200 mW/cm² compared to the two lower power levels.

Keywords: Surface hardness, Curing intensity, Nanohybrid resins.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
PLANTEAMIENTO TEÓRICO	2
1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Enunciado de la investigación:	3
1.3 Áreas específicas del problema	4
1.4. Justificación del problema	6
2.- OBJETIVOS	8
2.1 Objetivo Principal	8
2.2 Objetivos Secundarios.....	8
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Fundamento teórico-conceptual.....	9
3.1.1 Resinas	9
3.1.2 Lámparas de Fotopolimerización.....	20
3.1.3 Dureza y Microdureza superficial.....	27
3.2 Antecedentes investigativos.....	30
3.2.1 Internacionales:.....	30
3.2.2 Nacionales:	32
3.2.3 Locales:.....	34

4. HIPÓTESIS	35
CAPÍTULO II	36
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	36
CAPÍTULO III.....	45
RESULTADOS.....	45
DISCUSIÓN	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS.....	75
FICHAS DE RECOLECCIÓN	75
REGISTRO FOTOGRÁFICO	81
CERTIFICADOS DE MEDICIÓN DE DUREZA	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DUREZA - FILTEK P60 - 800 mw/cm²	46
TABLA 2: DUREZA - FILTEK P60 - 1000 mw/cm²	48
TABLA 3: DUREZA - FILTEK P60 - 1200 mw/cm²	50
TABLA 4: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 800 mw/cm²	52
TABLA 5: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1000 mw/cm²	54
TABLA 6: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1200 mw/cm²	56
TABLA 7: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – FILTEK P60	58
TABLA 8: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – ESTELITE POSTERIOR	60
TABLA 9: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 800 mw/cm²	62
TABLA 10: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1000 mw/cm²	64
TABLA 11: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1200 mw/cm²	66
TABLA 12: PRUEBAS DE NORMALIDAD	76
TABLA 13: RECOLECCIÓN DE DATOS RESINA FILTEK P 60	79
TABLA 14: RECOLECCIÓN DE DATOS RESINA ESTELITE POSTERIOR	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DUREZA - FILTEK P60 - 800 mw/cm ²	47
FIGURA 2: DUREZA - FILTEK P60 - 1000 mw/cm ²	49
FIGURA 3: DUREZA - FILTEK P60 - 1200 mw/cm ²	51
FIGURA 4: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 800 mw/cm ²	53
FIGURA 5: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1000 mw/cm ²	55
FIGURA 6: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1200 mw/cm ²	57
FIGURA 7: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – FILTEK P60	59
FIGURA 8: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – ESTELITE POSTERIOR	61
FIGURA 9: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 800 mw/cm ²	63
FIGURA 10: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1000 mw/cm ²	65
FIGURA 11: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1200 mw/cm ²	67
FIGURA 12: NORMALIDAD RESINA FILTEK P60	77
FIGURA 13: NORMALIDAD RESINA ESTELITE POSTERIOR	78
FIGURA 14: Elaboración de muestras	81
FIGURA 15: Elaboración de muestras	81
FIGURA 16: Elaboración de muestras	82
FIGURA 17: Elaboración de muestras	82
FIGURA 18: Medición de dureza	83
FIGURA 19: Medición de dureza	83
FIGURA 20: Medición de dureza	84
FIGURA 21: Medición de dureza	84
FIGURA 22: Durómetro Indentec	85

INTRODUCCIÓN

La aplicación de las resinas compuestas en los consultorios dentales es quizás la técnica más común en la actualidad. Los pacientes que acuden a la consulta esperan no solo tratamientos rápidos e indoloros, sino también materiales de alta calidad, estéticos y duraderos para restauraciones con mayor longevidad en boca. Esto recaerá en el profesional odontólogo, por lo que requiere conocimientos actualizados sobre métodos de restauración y un conocimiento de las características de los materiales para garantizar una adecuada selección (1).

Entre las innovaciones de los materiales dentales que encontramos en el mercado, tenemos a los compuestos de nanorelleno. Al integrarse con diversos componentes, alcanzan mejores propiedades restauradoras, tanto estéticas como en su resistencia a las múltiples fuerzas que afectan a las restauraciones en las cavidades dentales. La composición heterogénea de las resinas puede generar problemas derivados de los diferentes grados de polimerización entre la matriz y las nanopartículas, lo que provocaría la degradación del material restaurador (2).

A pesar de todos estos avances conseguidos, las resinas compuestas aún siguen presentando deficiencias que pueden limitar su uso como material de elección en ciertos casos, especialmente en la zona posterior. Estas deficiencias pueden manifestarse como desgaste, contracción por polimerización y fracturas, lo que resulta en el fracaso de la restauración y el consiguiente sufrimiento tanto para los pacientes como para los profesionales (3).

La dureza superficial es una propiedad importante de las resinas compuestas. Indica la capacidad del material restaurador para soportar la presión y la deformación en sectores precisos. Esta característica debe evaluarse meticulosamente al seleccionar el composite para restauraciones posteriores (4).

Entender las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas es de suma importancia, así como reconocer la intensidad de la luz empleada para la fotopolimerización, ya que la eficacia de las restauraciones puede depender de la potencia de la lámpara LED utilizada en dicho proceso (5).

Es por esto que en la presente investigación se comparará dos distintas marcas comerciales de resinas nanohíbridas indicadas especialmente para la zona posterior, así como también, tres distintas potencias de luz de la lámpara LED, y si esto influirá sobre la dureza superficial de la restauración.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

No existe un estándar para establecer la potencia e intensidad requeridas para la fotopolimerización de resinas nanohíbridadas destinadas al sector posterior, lo cual podría afectar la dureza superficial de estas resinas bajo las fuerzas masticatorias y otras fuerzas que puedan existir en la cavidad oral. Comprender la resistencia de los materiales restauradores, junto con las variables extrínsecas e internas que los influyen, es una preocupación constante tanto para investigadores como para odontólogos.

Las lámparas de fotopolimerización LED han avanzado considerablemente, ofreciendo una gama de intensidades de irradiación. La correlación entre la potencia de la lámpara y la dureza superficial de diversas resinas compuestas no se comprende adecuadamente. Algunas investigaciones muestran que una mayor intensidad de la luz puede mejorar la profundidad de curado y la dureza superficial, mientras que otras sugieren que una potencia excesiva podría provocar tensiones internas o sobrecalentamiento del material.

La principal problemática en esta investigación, es la de averiguar la influencia de la variación de la potencia de una luz de polimerización, en la dureza superficial de dos resinas compuestas específicas utilizadas para restauraciones directas en la zona posterior. Resolver esta duda es crucial para mejorar las técnicas de fotopolimerización clínica, garantizando así reparaciones duraderas y eficaces.

1.2 Enunciado de la investigación:

“Influencia de las distintas potencias de fotopolimerización de una lámpara LED de alta gama sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para restauraciones directas en el sector posterior, Arequipa 2024”.

1.3 Áreas específicas del problema

Áreas del conocimiento

- Área general : Ciencias de la Salud
- Área específica : Odontología
- Especialidad : Odontología Restauradora
- Tópico : Microdureza superficial. Resinas nano-híbridas.

Análisis de variables

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	ITEMS
ESTÍMULO: Resinas nanohíbridas	Filtek P60		
	Estelite Posterior		
ESTÍMULO: Potencia de fotopolimerización			800 mW/cm ²
			1000 mW/cm ²
			1200 mW/cm ²
RESPUESTA: Microdureza superficial	Calificación de Dureza	Mala	< 80 HV
		Regular	> 80 y ≤ 100 HV
		Buena	> 100 y ≤ 120 HV
		Muy buena	> 120 y ≤ 140 HV
		Excelente	> 140 HV

Interrogantes Básicas

- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Filtek P60 fotopolimerizado a 800 mW/cm²?
- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Filtek P60 fotopolimerizado a 1000 mW/ cm²?
- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Filtek P60 fotopolimerizado a 1200 mW/ cm²?
- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Estelite Posterior fotopolimerizado a 800 mW/ cm²?
- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Estelite Posterior fotopolimerizado a 1000 mW/ cm²?
- ¿Cuál es el grado de microdureza del compuesto Estelite Posterior fotopolimerizado a 1200 mW/ cm²?
- ¿Existe alguna relación entre la potencia de la luz LED y la microdureza de compuestos nanohíbridos?

Taxonomía de la investigación

- **Abordaje:** Cuantitativo

El estudio se centra en la recopilación y el análisis de datos cuantitativos, en particular la dureza superficial de las resinas compuestas en relación con el poder de fotopolimerización.

- **Tipo de estudio:** Experimental in vitro

Las muestras se analizan para evaluar el impacto de diferentes intensidades de fotopolimerización en la variación de la dureza de las resinas nanohíbridas.

- **Nivel de la investigación:** Explicativo

Busca establecer relaciones de causa y efecto entre la potencia de fotopolimerización y la dureza superficial de las resinas.

- **Temporalidad:** Transversal

El estudio se realiza en una línea de tiempo ininterrumpida siguiendo las fechas calendario

- **Muestra y unidades de análisis:**

Muestras hechas con resinas compuestas indicadas especialmente para el sector posterior.

Evaluación mediante pruebas de dureza superficial con un durómetro o un método de microindentación.

1.4. Justificación del problema

1.4.1. Originalidad

No obstante que encontramos abundante literatura sobre las características físicas y mecánicas de las resinas nanohíbridas, existe menos información sobre la influencia de la intensidad de la luz de las lámparas LED en la dureza superficial del compuesto. Por este motivo, este estudio puede considerarse original.

1.4.2. Relevancia científica

Desde un punto de vista científico, es fundamental realizar un estudio in vitro que compare dos marcas distintas de resinas nanohíbridas, especialmente indicadas para la zona posterior. Este estudio tiene como objetivo evaluar la dureza superficial de las resinas nanohíbridas sometidas a tres intensidades de luz LED distintas.

1.4.3. Relevancia Social

Se piensa que los resultados de esta investigación serán beneficiosos tanto para profesionales como para pacientes. Esto se debe a que los especialistas tendrán acceso a información adicional que les permitirá tomar decisiones más informadas sobre las técnicas y materiales de restauración que se utilizarán al restaurar dientes en el sector posterior. Como resultado, los pacientes y la comunidad en general se beneficiarán de esta investigación, ya que recibirán atención de calidad y estarán satisfechos con los resultados obtenidos.

1.4.4. Interés personal

Este esfuerzo investigativo es esencial para obtener el título profesional, lo que lo hace personalmente significativo.

1.4.5. Viabilidad

Considero que esta investigación es realista debido a la accesibilidad de los recursos, incluyendo infraestructura, equipos, materiales y referencias bibliográficas, así como de mi tiempo suficiente para realizarla.

2.- OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

- Evaluar si existe relación entre la potencia de polimerización de la lámpara LED en la microdureza superficial de las dos marcas de resina del estudio.

2.2 Objetivos Secundarios

- Evaluar la microdureza de la resina Filtek P60 con una potencia de polimerización de 800 mW/cm².
- Evaluar la microdureza de la resina Filtek P60 con una potencia de polimerización de 1000 mW/cm².
- Evaluar la microdureza de la resina Filtek P60 con una potencia de polimerización de 1200 mW/cm².
- Evaluar la microdureza de la resina Estelite Posterior con una potencia de polimerización de 800 mW/cm².
- Evaluar la microdureza de la resina Estelite Posterior con una potencia de polimerización de 1000 mW/cm².
- Evaluar la microdureza de la resina Estelite Posterior con una potencia de polimerización de 1200 mW/cm².

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Fundamento teórico-conceptual

3.1.1 Resinas

a) Definición y conceptos

El uso de resinas compuestas dentales es un método común para reparar dientes dañados. Una matriz de polímero orgánico, partículas de relleno inorgánico y un agente de acoplamiento de silano son los diferentes componentes que conforman estos materiales. La innovación que aportaron permitió utilizar restauraciones adhesivas que no dañaban la estructura dental sana, a diferencia de las obturaciones de amalgama utilizadas anteriormente. Esto transformó para siempre el campo de la odontología. Estas resinas poseen características mecánicas que las hacen lo suficientemente robustas como para soportar la presión aplicada al masticar, y están disponibles en una amplia variedad de colores que las asemejan a dientes reales. Actualmente se denominan resinas híbridas, microhíbridas y nanorellenos, y la distinción se basa en el tamaño de partícula de las resinas (0,6-1 μm para las híbridas y menos de 0,4 μm para las nanorellenos). Esto influye en la facilidad de pulido, la resistencia al desgaste y la suavidad de su superficie. La restauración directa de dientes en la parte frontal y posterior de la boca, la creación de elegantes carillas y la construcción de bases para dientes que han sido sometidos a tratamiento endodóntico son posibles aplicaciones de estos materiales (6).

Desde principios del siglo XX, se han utilizado diversos tipos de materiales en el campo de la odontología restauradora para resolver los problemas derivados de la caries dental. Los materiales dentales han experimentado avances considerables gracias a la investigación clínica, lo que ha permitido la eliminación de algunos de estos materiales o la mejora sustancial de otros. Actualmente, existe una gran cantidad de soluciones restauradoras directas disponibles en el mercado. La mayoría de los dentistas consideran que esto es preocupante. Debido a la intensa actividad de marketing de los fabricantes, es fundamental investigar qué producto químico es el más adecuado para las aplicaciones de tratamiento directo (7).

El dentista debe conocer el tipo específico de paciente, así como su situación clínica. La resina compuesta, la amalgama de plata y los materiales con base de ionómero son los tres grupos de materiales de restauración directa que pueden agruparse entre los materiales disponibles comercialmente. Esta clasificación es perfectamente lógica. Esto podría ser beneficioso si el dentista considera que un enfoque directo es la forma más eficaz de resolver el problema. Esto proporciona una mejor comprensión de las características fundamentales de cada elemento de restauración directa, así como de su composición.

Por lo tanto, es esencial que el profesional tenga un conocimiento fundamental de los materiales dentales para adquirir los conocimientos necesarios para elegir y administrar eficazmente materiales de restauración directa en diversos entornos clínicos (7).

Los materiales a base de resina son, en la mayoría de los casos, la opción de tratamiento más eficaz para la pérdida de tejido duro. Las restauraciones directamente adheridas contribuyen a la preservación de las estructuras dentales y de la salud del tejido pulpar. Por ello, son esenciales. Para que las restauraciones sean fiables y duraderas, es fundamental que coincidan con el color de los dientes, y su aplicación precisa garantizará su correcto uso.

Desde su introducción en el mercado odontológico, los adhesivos y las resinas compuestas han experimentado transformaciones significativas. Anteriormente, eran materiales sencillos que solo se ofrecían en un único tono "universal"; sin embargo, ahora están disponibles en una amplia gama de colores, consistencias y opacidades (8).

Las resinas compuestas utilizadas en odontología suelen utilizarse para reparar o reemplazar dientes perdidos y otros componentes dentales. Estos materiales restauradores pueden adherirse directamente a la estructura dental mediante el uso de resinas compuestas complementarias u otros materiales restauradores. Es posible fabricar una prótesis para pacientes con ausencia total de piezas dentales. Esta prótesis consiste en dientes artificiales fijados a una base que descansa sobre el tejido blando que recubre el maxilar y la mandíbula. De esta manera, se restaura la función masticatoria (9).

Es difícil restaurar el tejido perdido con el mismo material, ya que el bloque restaurador y el tejido dental tienen características relativamente distintas, sobre todo en cuanto a su funcionamiento mecánico. Esto es especialmente cierto cuando se trata de la restauración de tejido perdido debido a caries, fracturas, abrasión o decoloración.

Los contrastes esperados suelen consistir en una composición cerámica (esmalte compuesto predominantemente de hidroxiapatita) o una mezcla de componentes cerámicos y orgánicos (dentina, que comprende hidroxiapatita y colágeno), en contraste con una estructura orgánica comparable a la del sellador.

Para colmo, el componente orgánico de un sellador tiene un mayor coeficiente de cambio dimensional térmico que la estructura dental, que está compuesta de material cerámico en su totalidad o en parte (10).

La combinación efectiva de una fase orgánica (BIS-GMA) y una fase inorgánica (cuarzo) fue lograda por el Dr. Bowen en 1960. Este material se denominó resina compuesta en su momento. Su estructura, compuesta por partículas nucleadas, contiene una fase orgánica reactiva continua y una fase inorgánica inerte discontinua. La adhesión de ambas fases se ve facilitada por la presencia del silano vinílico. El diseño creado por Bowen se ha conservado.

Con el paso del tiempo, el elemento orgánico no ha sufrido transformaciones significativas, en particular en lo que respecta a la incorporación de moléculas de baja viscosidad (UDMA) que inhiben la contracción de polimerización. El componente inorgánico experimentó la transformación más significativa, expandiéndose desde un tamaño del orden de 20 a 50 micrómetros hasta rellenos de escala nanométrica, que se utilizan actualmente ($1 \text{ nm} = 0,001 \text{ }\mu\text{m}$) (11).

b) Composición de las resinas:

Los materiales restauradores poliméricos fueron utilizados inicialmente por los dentistas en forma de resinas acrílicas. El rendimiento de estos materiales fue satisfactorio desde la década de 1940 hasta principios de la de 1950; sin

embargo, para solucionar problemas como la baja resistencia al desgaste, el alto coeficiente de expansión térmica y la excesiva contracción de polimerización, los fabricantes se vieron obligados a incorporar partículas inorgánicas al material. La adhesión entre la matriz polimérica y las partículas de relleno era insuficiente, lo que provocaba la falla del material, cambios de color debido a los fluidos orales y una disminución de la resistencia al desgaste debido a la separación total de las partículas de relleno de la superficie. A mediados de la década de 1960, R. L. Bowen presentó una nueva resina a la industria odontológica. El bisfenol A y el metacrilato de glicidilo se combinaron con partículas de relleno silanizadas capaces de formar enlaces químicos con la matriz orgánica para producir Bis-GMA. Esta sustancia recibió el nombre de Bis-GMA. A diferencia del metacrilato de metilo, el bis-GMA presenta un mayor peso molecular y una menor tasa de contracción durante el proceso de polimerización. Estas son dos de sus ventajas.

Aunque ha experimentado numerosos cambios a lo largo del tiempo, la fórmula original de Bowen sirve de base para las resinas restauradoras contemporáneas. A continuación, se explican los componentes de estas resinas (7).

- **Matriz de resina:**

Los componentes de la matriz de resina que se utilizan con frecuencia incluyen el metacrilato de glicidilo de bisfenol-A (también conocido como bis-GMA) y el dimetacrilato de uretano (también conocido como UDMA). Desde una perspectiva química, el componente activo de las resinas compuestas está compuesto por monómeros que, durante el proceso de polimerización, forman enlaces entre sí para reforzar el material. Tanto el bis-GMA como el UDMA tienen un alto peso molecular, lo que les confiere una alta viscosidad a temperatura ambiente. Esto dificulta su combinación con la matriz de resina. Los fabricantes añaden diluyentes a base de dimetacrilato para aumentar la fluidez de la sustancia durante su uso terapéutico. Los dos diluyentes más influyentes son el TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol) y el

EDMA (dimetacrilato de etileno). Estos diluyentes se añaden a las resinas compuestas durante el proceso de polimerización, lo que aumenta su contracción. Junto con los diluyentes, el fabricante incorpora un inhibidor de polimerización a la matriz orgánica para prolongar la vida útil del material mediante este proceso. El inhibidor principal es la hidroquinona, que se utiliza en cantidades inferiores al 0,1 % en peso. El bis-EMA, que significa bisfenol A polietilenglicol dimetacrilato, se utiliza como matriz de resina en algunas marcas comerciales de resinas compuestas. Según los fabricantes, esto reduce la probabilidad de contracción de la resina durante el proceso de polimerización. Es posible que algunas resinas compuestas contengan una matriz de resina que no experimente una contracción significativa durante el proceso de polimerización (7).

- **Partículas de carga:**

Además, el desarrollo del Bis-GMA permitió combinar partículas inorgánicas con la matriz orgánica, lo que mejoró las propiedades físicas del material. En la historia de las resinas, el cuarzo fue el primer relleno utilizado y se sigue utilizando en la actualidad.

Otros rellenos, como la sílice coloidal y el vidrio de fluorosilicato de aluminio, ahora se pueden utilizar gracias al desarrollo de composiciones de resinas compuestas dentales más recientes. Se ha logrado un aumento de la radiopacidad del material con la adición de bario y estroncio. Recientemente, se han desarrollado resinas compuestas que incluyen nanopartículas. En comparación con las resinas compuestas híbridas y microhíbridas, son más resistentes al desgaste y requieren menos esfuerzo para trabajarlas. Gracias a la incorporación de rellenos, se ha logrado reducir la cantidad de matriz orgánica, un componente esencial de las resinas compuestas. En consecuencia, los rellenos han reducido la posibilidad de que el material se contraiga durante el proceso de polimerización y absorba agua, a la vez que mejoran su resistencia al desgaste. Tras el aumento de la viscosidad de la sustancia, se observó un cambio en el comportamiento reológico del material. La eficiencia de la

combinación se ve afectada por el tipo de relleno utilizado, así como por su tamaño. Las partículas de relleno más pequeñas tienen una mayor superficie para el mismo volumen, lo que dificulta la adición de grandes cantidades. Esto se debe a que la adición de grandes cantidades podría provocar un aumento de la viscosidad, lo que a su vez reduce la eficacia del relleno en el ámbito clínico.

El uso excesivo de componentes tiene un impacto negativo en las características estéticas del material restaurador, especialmente cuando se coloca en la zona anterior. Este es un punto crucial a tener en cuenta (7).

- **Elemento silanizado:**

Es necesario que las partículas de relleno proporcionen una fuerte conexión con la matriz orgánica para que las resinas compuestas presenten un rendimiento mecánico satisfactorio. El silano proporciona esta conexión. Existen moléculas conocidas como silanos que tienen la capacidad de unirse químicamente tanto a la superficie del relleno como a la matriz orgánica, produciendo así una unión adhesiva fuerte y duradera. La incorporación de estos químicos permite que la resina compuesta funcione como una unidad bajo tensión, la cual se transmite a través de la unión adhesiva producida por el silano. La incorporación de estos químicos fue la solución al problema de la adhesión inadecuada entre la matriz y el relleno, que provocaba fracturas y una reducción de la vida útil del material (7).

- **Elementos iniciadores:**

Mediante la activación que se produce durante el proceso, estos compuestos son responsables de iniciar la reacción de polimerización de las resinas compuestas. El peróxido de benzoilo es degradado por la amina terciaria presente en las resinas químicamente activadas, lo que desencadena el proceso de autopolimerización. Esto ocurre al combinarse la pasta base y el catalizador. La canforquinona, un

iniciador, se activa en las resinas compuestas fotoactivadas con la ayuda de luz visible, cuya longitud de onda es de aproximadamente 470 nanómetros. Al entrar en contacto con una amina terciaria, se vuelve más reactiva (7).

Un tipo de material se conoce como polímero, compuesto por moléculas masivas capaces de adoptar un número casi infinito de formas y combinaciones diferentes. En este punto se determinan las características fundamentales de los polímeros. Diversos factores poliméricos influyen en las propiedades de los materiales poliméricos. Estos parámetros incluyen la longitud y la reticulación de la cadena, el grado de ramificación y la orientación de la cadena. Son precisamente estas características las que confieren a los materiales poliméricos sus cualidades distintivas. El proceso de polimerización es una interacción continua entre moléculas que, dependiendo de sus propiedades funcionales, puede continuar indefinidamente. El término "macromolécula" se refiere a un gran número de moléculas de polímero. Toda sustancia química con un peso molecular superior a 5000 se considera una macromolécula. En algunas circunstancias, el peso molecular de una molécula de polímero puede alcanzar hasta cincuenta millones (9).

c) Clasificación de las resinas:

Nos guiaremos por la clasificación recomendada por Pablo Abate en el 2003, que nos indicó que las resinas se pueden clasificar en:

- Resinas Microparticuladas:

El tamaño del relleno en las resinas de macropartículas generó dos problemas importantes: la dificultad para limpiarlas y la acumulación de placa en sus superficies. La solución recomendada fue reducir el tamaño de las partículas de relleno inorgánico. No fue hasta finales de la década de 1970 que se crearon las primeras resinas de micropartículas. El

relleno, con un tamaño inferior a una micra ($0,04\ \mu\text{m}$), representaba entre el 35 % y el 67 % del peso total.

La industria incorpora partículas submicrónicas en una matriz orgánica polimerizada, que posteriormente se procesa o muele para obtener un relleno cerámico orgánico. Esto permite incluir una mayor proporción de partículas submicrónicas en el producto. En el siguiente paso, este producto químico se incorpora a un componente orgánico adicional que aún no ha sido polimerizado y que también incluye relleno inorgánico. Sin embargo, los modelos más nuevos presentan mayor contracción de polimerización, coeficiente de expansión térmica y absorción de agua que los modelos anteriores, a pesar de ser menos resistentes y rígidos. Esto ocurre a pesar de que el tamaño de partícula mejora el proceso de pulido con el tiempo. Debido a su propensión a la rotura, estas partículas no son apropiadas para zonas de alta tensión, como las superficies oclusales de los molares y los bordes incisales de los dientes anteriores. Esto indica que solo son aptas para su uso en restauraciones de Clase III y Clase V, que deben ser flexibles (deben tener un bajo módulo de elasticidad) y poseer cualidades de pulido superiores (11).

- **Resinas Híbridas:**

Estos materiales contienen partículas grandes y diminutas, lo que significa que combinan a la perfección lo mejor de ambos mundos. Los tamaños de relleno varían de $0,04\ \mu\text{m}$ a $1\ \mu\text{m}$, y su proporción en peso supera el 60 %. Por ello, son excepcionalmente radiopacas, con un alto módulo de elasticidad, muy robustas y fáciles de pulir.

Dentro de esta categoría, existen diversas variaciones. Las resinas híbridas tienen un tamaño de partícula promedio de $0,7\ \mu\text{m}$, mientras que las resinas microhíbridas tienen un tamaño de partícula promedio mayor, de $0,6\ \mu\text{m}$. Existe un tipo de resina conocida como resina compactable. Estas resinas tienen un tamaño de partícula promedio comparable al de las resinas híbridas; sin embargo, su contenido en peso supera el 80 %, lo que las hace más densas.

Gracias a su diseño especial, las resinas híbridas se pueden utilizar tanto para restauraciones frontales como posteriores. Las resinas compactables que se crean para la parte posterior de la boca no serán buenas para la parte frontal de la boca porque incluyen una gran cantidad de relleno, lo que las hace opacas (11).

- **Resinas Nanoparticuladas:**

Estas resinas compuestas son completamente nuevas y cuentan con tecnología superior. Sus tamaños de partícula oscilan entre 5 y 75 nanómetros, y su contenido en peso supera el sesenta por ciento. Es necesario que una construcción tenga al menos una dimensión comprendida entre 0,1 y 100 nanómetros para que se considere microtecnología.

Debido a la magnitud de sus operaciones, las empresas deben crear estructuras y sistemas operativos que presenten nuevas características y capacidades. Necesitan poder controlar y modificar los materiales tanto a nivel molecular como atómico.

Los compuestos de nanopartículas presentan diversos desafíos, como la necesidad de que sean más fáciles de pulir que las resinas microrrellenas, que sean tan resistentes o incluso más resistentes que los materiales híbridos, que tengan índices de desgaste iguales o inferiores a los de los híbridos, que posean las mejores propiedades reológicas y que tengan colores y opacidades adecuados para su uso en configuraciones monocapa o multicapa. Pueden utilizarse tanto en la superficie frontal como en la posterior. Siempre que se necesita mayor transparencia, son la opción ideal. Son fáciles de mantener, tal como se promete (11).

- **Resinas Nano-Híbridas:**

Las partículas de relleno de estos materiales compuestos dentales varían en tamaño, desde nanómetros hasta micrómetros. Para mejorar las

propiedades estructurales y estéticas de las restauraciones dentales, se ha desarrollado esta fórmula. Las nanopartículas proporcionan una superficie lisa y brillante, mientras que las partículas más grandes la hacen más robusta y duradera. Por lo tanto, son ideales para su uso en zonas propensas a un estrés masticatorio intenso debido a esta combinación (12).

d) **Características ideales de las resinas:**

- **Compatibilidad biológica**

Para que su uso en la boca sea seguro, la resina debe ser inodora, insípida y libre de efectos negativos. Para cumplir con estos requisitos, debe ser totalmente insoluble en la saliva y otros fluidos bucales. Además, debe ser impermeable para evitar sabores y olores desagradables y mantener la boca limpia. Es fundamental aplicar la resina lo antes posible y asegurarse de que forme una conexión sólida con la estructura dental al utilizarla como relleno o cementante. De esta manera, el espacio entre el diente y la restauración estará protegido contra el crecimiento de gérmenes (9).

- **Propiedades físicas**

Para soportar la presión masticatoria, las presiones de impacto y el uso oral intensivo, la resina debe ser robusta, flexible y lo suficientemente dura como para resistir estas condiciones. El material debe mantener su forma en cualquier condición, especialmente al someterse a variaciones de carga o temperatura. Una resina de baja densidad es necesaria para la creación de prótesis maxilares (9).

- **Manipulación**

Durante el proceso de manipulación, la resina no debe emitir partículas ni humos potencialmente dañinos. Los procesos de mezcla, inserción, moldeo y

fotopolimerización pueden mejorarse gracias a su rápida configuración y baja sensibilidad a los cambios que se producen durante el almacenamiento y la manipulación. Además, debe asentarse en un tiempo razonable. En cuanto a los resultados de cualquier método de manipulación, los problemas clínicos como la contaminación por saliva, sangre e inhibición de oxígeno deberían tener un impacto mínimo o nulo. Además, el producto final debe ser fácil de pulir y, en caso de daños, su reparación debe ser sencilla y rápida (9).

- **Propiedades estéticas**

El material debe ser transparente o translúcido para garantizar su compatibilidad con la apariencia de los tejidos orales que reemplazará. Es necesario que la resina pueda teñirse o colorearse, pero una vez elaborada, no debe alterar el color ni otras características (9).

- **Estabilidad química**

Aunque no se ha descubierto ninguna resina que cumpla con todas estas cualidades ideales, los polímeros de metacrilato pueden satisfacer todos los criterios descritos anteriormente. Es fundamental utilizar materiales totalmente estables y químicamente inertes para evitar la degradación de la boca. Esto se debe a que la boca es una zona relativamente difícil de manipular (9).

- **Aspectos económicos**

Tanto la resina como la forma de procesarla deben ser rentables y no necesitar herramientas complicadas o muy costosas (9).

3.1.2 Lámparas de Fotopolimerización

a) Conceptos y Definición:

Uno de los procesos que se lleva a cabo se denomina fotopolimerización y ocurre cuando ciertos materiales, como las resinas compuestas utilizadas en odontología, se exponen a una fuente de luz. Como resultado, los materiales adquieren una apariencia más rígida o solidificada. Durante este proceso, se activan los fotoiniciadores, sustancias químicas que reaccionan al exponerse a la luz, lo que finalmente conduce a la transformación de los monómeros de la resina en una estructura polimérica sólida (13).

A principios de la década de 1970, se desarrollaron dispositivos de fotopolimerización junto con el desarrollo de resinas compuestas fotopolimerizables de tamaño mediano. Desde entonces, el concepto de restauraciones de composite ha sido inconcebible sin estos dispositivos, considerados ampliamente como uno de los avances más significativos en la odontología contemporánea.

Inicialmente, no eran más que lámparas que emitían luz ultravioleta, invisible para el ojo humano. Sin embargo, fueron rápidamente suplantadas por los sistemas de luz azul visible, más comunes hoy en día. Las lámparas de fotopolimerización han experimentado avances en su espectro de luz, diseño ergonómico y resistencia a la polimerización para aumentar la eficiencia de la fotopolimerización de las resinas. Las resinas son materiales clave en la odontología contemporánea debido a sus propiedades adhesivas y cosméticas (14).

Es fácil detener rápidamente la reacción cuando esta polimerización se realiza por adición. Esto se debe a que la fase de iniciación requiere energía para activarse, lo que permite finalizar la reacción. Esto se debe a que la fase de iniciación necesita energía para activarse. Por lo tanto, es posible detener la reacción de forma conveniente.

El campo de estudio conocido como fotoquímica investiga las formas en que la radiación puede desencadenar procesos químicos y ser responsable de la formación de nuevas moléculas. El material debe ser capaz de absorber los rayos de luz en un grado suficiente para que el proceso de fotocurado sea exitoso. En el proceso de absorción, dos de los factores más importantes son la longitud de onda de la radiación incidente y las características de la estructura que interactúa con ella (14).

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversos métodos para utilizar la fotoactivación con resinas compuestas. Las tecnologías mencionadas comprenden:

- Lámparas de luz halógena,
- Lámparas de arco de plasma,
- Lámparas de luz láser
- Lámparas LED, que son de aparición reciente (14).

La búsqueda de nuevos materiales condujo al desarrollo de dispositivos de fotopolimerización como solución. Existen desde hace mucho tiempo y aún se utilizan: las primeras lámparas halógenas. Desde hace unos 10 años, las lámparas de plasma y láser se han utilizado en la odontología contemporánea. Con el tiempo, se incorporó la iluminación LED, lo que permitió a los dentistas de todo el mundo disponer de un instrumento útil para la unión de resina compuesta. Esta práctica se sigue realizando hoy en día (14).

La polimerización vinílica es un proceso que tiene lugar entre moléculas insaturadas, que contienen dobles enlaces carbono-carbono y proviene de la química de alquenos. El término "vinilo" se utiliza para referirse a grupos químicos que incluyen dobles enlaces, de ahí el nombre "polimerización vinílica". Los monómeros vinílicos con dobles enlaces son necesarios para completar la síntesis de moléculas poliméricas de esta manera. Un ejemplo destacado es el etileno, también conocido como eteno. Los compuestos complejos pueden tener un gran número de grupos químicos complementarios o dobles enlaces, y todos ellos pueden formar polímeros de forma comparable. La presencia de dobles enlaces indica un estado muy inestable con el potencial de desintegrarse rápidamente, activando así moléculas con valencias libres. Debido a que estas

valencias libres no pueden permanecer en su lugar, se saturan entre sí, lo que provoca la unión de las moléculas y la producción del polímero deseado. Cuando se hace referencia al monómero, a menudo se utiliza la palabra "poli", como en poli(etileno) (15).

La fotopolimerización es fundamental en odontología para garantizar que las restauraciones dentales tengan las cualidades funcionales y estéticas adecuadas. Diversos factores influyen en el buen funcionamiento de esta estrategia, como:

- **Tipo de lámpara de fotopolimerización:** Se puede elegir entre una amplia variedad de fuentes de luz, incluyendo luces halógenas y bombillas LED, entre otras. La iluminación LED ha experimentado una evolución espectacular. Ofrecen un menor consumo de energía, no necesitan ventiladores y tienen una mayor vida útil sin reducir la luminosidad (13).
- **Duración e intensidad de la exposición:** La exposición correcta es esencial para lograr la mejor polimerización posible. Dado que las luces LED ofrecen numerosas ventajas, treinta segundos podrían ser suficientes. Otro dato interesante es que la fotopolimerización puede continuar hasta veinticuatro horas después de retirar la fuente de luz. Esta etapa se denomina «fase oscura» del procedimiento (13).
- **Profundidad de fotocurado:** La capacidad de la luz para atravesar la resina es esencial para garantizar la consistencia del proceso de polimerización. Se prevé que este sea más completo debido a la alta concentración de fotoiniciadores activos en la región cercana a la fuente de luz (13).

Existe la posibilidad de que una fotopolimerización inadecuada provoque restauraciones deficientes, lo que podría provocar decoloración, irritación pulpar, sensibilidad postoperatoria o incluso el fracaso de la restauración. Para garantizar el buen funcionamiento de las restauraciones dentales en la práctica, es fundamental elegir la fuente de luz adecuada, determinar la duración óptima de exposición y considerar las características específicas del material (13).

b) Fases de la polimerización

Los grupos funcionales absorben fotones como resultado de su interacción con el fotoiniciador, lo que provoca su transición a un estado excitado y su posterior colisión con las aminas presentes en el medio. Como resultado de este intercambio de electrones, se produce un radical libre. Para facilitar la fase de reacción o propagación, el radical libre reactivo establece un enlace covalente con el monómero, lo que finalmente resulta en la formación de un complejo entre el monómero y el radical. Los enfoques convencionales de fase de terminación proporcionarán los medios para detener la reacción. Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es que cada una de estas reacciones es, en esencia, química y que continuarán ocurriendo incluso en ausencia de luz (15).

- Fase pre-gel:

El proceso de polimerización, un procedimiento complejo y complejo, consta de varias fases. El primer paso consiste en la síntesis de cadenas poliméricas lineales, que finalmente se ramifican, dando lugar a la formación de enlaces cruzados y, finalmente, al establecimiento de una auténtica red polimérica. El peso molecular y la rigidez de las cadenas de polimerización aumentan a medida que aumenta su longitud. Como consecuencia de la pregelificación, se producen cadenas poliméricas flexibles, lo que da lugar a la formación de un composite gomoso que resiste la transmisión de tensiones en el punto de contacto entre el diente y la resina. La fluidez de este composite elástico le permite absorber eficazmente las presiones generadas (15).

- Punto gel:

Al exponerse a la luz, la resina pasa de un estado líquido a uno viscoso, más estable. El punto de gelificación, momento en el que cambia su consistencia, es el punto donde se produce la transición entre estas dos fases. Es en esta etapa que la resina adquiere un módulo elástico significativo, lo que finalmente provoca el cese de su fluidez. La proximidad de los monómeros y la transferencia de tensiones en el

contacto entre el diente y la restauración también contribuyen a este fenómeno (15)

- **Fase post-gel:**

Durante la fase inicial posterior al proceso de gelificación, las tensiones generadas se transmiten rápidamente al contacto adhesivo-dental que se establece a través del composite. Tanto el diente como el composite pueden verse afectados, ya que este último podría perder su capacidad de adhesión. En cuanto a la contracción volumétrica, la matriz orgánica tiene el mayor impacto, y la frecuencia de reacción es el elemento más crucial. Esto se debe a que acelera el proceso de conversión a la vez que ralentiza el crecimiento del peso molecular de los monómeros (15).

c) Lámpara de luz halógena:

Estos objetos pueden funcionar y generar luz porque están hechos de materiales calientes que emiten energía electromagnética. La bombilla de una lámpara halógena está compuesta por un filamento delgado de cuarzo y tungsteno, que actúa como barrera al paso de la electricidad y genera calor. A una temperatura suficientemente alta, un filamento libera energía en forma de radiación infrarroja, un tipo de radiación de longitud de onda larga. Cuando la temperatura se encuentra entre 2000 y 3000 grados Celsius, una parte significativa de la radiación se encuentra en el espectro de luz visible. Existe una correlación entre el aumento gradual de la temperatura y la intensificación de la radiación de longitud de onda corta, que incluye longitudes de onda en el espectro de la luz azul.

Para proporcionar la luz azul necesaria para la polimerización de resinas compuestas, los filamentos de las lámparas halógenas deben calentarse a temperaturas muy altas. Por ello, las lámparas halógenas están equipadas con un ventilador accionado eléctricamente. La razón por la que las lámparas halógenas producen luz blanca es porque emiten una amplia variedad de longitudes de onda que incluyen una parte significativa del espectro electromagnético. La única forma de acceder al controlador es mediante luz azul visible permitida por un filtro (15).

Esta lámpara genera luz en un espectro que oscila entre 360 y 500 nanómetros, con un punto máximo a 460 nanómetros. La potencia de salida de las lámparas halógenas de alta densidad de potencia alcanza su máximo entre 700 y 1700 mW/cm², mientras que la de las lámparas halógenas estándar se sitúa entre 350 y 700 mW/cm².

Una de las principales desventajas es la considerable emisión de luz infrarroja, que genera una gran cantidad de calor y requiere refrigeración. Otra desventaja es la intensidad de la luz inadecuada, que puede deberse a fluctuaciones de voltaje, degradación del filtro, interrupciones en el patrón de luz o efectos perjudiciales de las operaciones de esterilización del equipo. Una de las razones es la interrupción del patrón de luz (15).

Es necesario un tiempo de irradiación suficiente para lograr una buena polimerización. Se recomienda un periodo de veinte segundos a una intensidad de luz de mil milivatios por centímetro cuadrado para lograr el mayor grado de polimerización posible en una sola molécula (16).

d) Intensidad y potencia de las lámparas de fotopolimerización:

Para el procesamiento adecuado de sustancias resinosas en odontología, la intensidad y el brillo de nuestras lámparas de polimerización son parámetros fundamentales. Las lámparas halógenas y LED son los dos tipos principales que se utilizan. Cada una de ellas posee propiedades clínicas y técnicas únicas (17).

Lámparas halógenas:

Las lámparas halógenas, que se han utilizado durante un tiempo considerable, producen una amplia gama de longitudes de onda de luz (400-500 nm). En la mayoría de los casos, su intensidad de salida oscila entre 300 y 600 mW/cm². Investigaciones recientes han demostrado que algunas unidades de trabajo tienen intensidades promedio más bajas, de entre 223 y 510 mW/cm², especialmente en situaciones donde la fibra óptica está contaminada o en mal estado. Para una correcta polimerización de las resinas compuestas, se recomienda que la intensidad de la luz sea de al menos 400 milivatios por

centímetro cuadrado. Por otro lado, algunas bombillas halógenas antiguas pueden no cumplir este criterio, lo que puede reducir la eficacia de la reparación. Además, requieren tiempos de exposición más prolongados (de 20 a 40 segundos) y emiten más calor, lo que puede resultar incómodo o perjudicial para el paciente (17).

Lámparas LED:

Debido a su mayor eficiencia, menor emisión de calor y mayor vida útil, las luces LED han reemplazado gradualmente a las halógenas. Las lámparas halógenas han sido reemplazadas por luces LED. Estas suelen producir luz dentro de un espectro estrecho, a menudo entre 440 y 490 nm, que coincide con el rango de absorción de los fotoiniciadores más utilizados en composites dentales. Con las luces LED disponibles actualmente, se pueden alcanzar intensidades de 1000 a 1400 mW/cm² o más. Como resultado, los polímeros pueden curarse rápida y completamente en un corto período de tiempo (a menudo entre cinco y veinte segundos). Además, la mayoría de las luces LED mantienen una luminancia constante y uniforme durante todo el proceso, alcanzando gradualmente su intensidad máxima durante los primeros segundos de funcionamiento. Esto tiene el potencial de minimizar la contracción de polimerización y facilita la adaptación marginal. Según los resultados de un estudio comparativo, las luces LED pueden alcanzar una mejor profundidad de cicatrización en un tiempo más corto gracias a su mayor potencia. Esto a pesar del hecho de que no existe una diferencia significativa en la resistencia máxima del compuesto entre los dos sistemas (17).

3.1.3 Dureza y Microdureza superficial

a) Definición:

La capacidad de un material para soportar una deformación continua al ser sometido a una fuerza, en particular la de un elemento más rígido, se denomina dureza. Esto indica que el material es capaz de soportar diversos tipos de daños, como arañazos, abrasión, hendiduras y deformación (18).

La capacidad de una sustancia para resistir la penetración superficial se mide por su dureza superficial. Para evaluar si la sustancia más robusta era capaz de erosionar la superficie del material más blando, la prueba preliminar de dureza superficial utilizó dos materiales diferentes, uno de los cuales tenía un nivel de dureza ligeramente inferior. Se realizó una determinación de la dureza exterior del material mediante este proceso. La dureza de una sustancia puede determinarse utilizando un penetrador aplicando presión sobre la superficie del material. Se dice que esta estrategia se utiliza para evaluar el nivel de dificultad de los artículos. Cuando se trata de la indentación de un material, se ha encontrado que cuando el material es flexible, la depresión es profunda y ancha, lo que indica que el material es menos rígido (19).

La prueba de microdureza superficial, por otro lado, consiste en determinar el grado de dureza de partes específicas de la superficie de un material al someterlo a cargas de prueba mínimas. Al estudiar materiales delgados, recubrimientos superficiales o microestructuras inusuales, esta prueba es muy útil, especialmente en materiales dentales muy pequeños (20).

Seguidamente analizaremos los términos que diferencian la microdureza de la dureza superficial:

- Existen dos tipos de escalas de medición: También se miden la microdureza superficial y la dureza bruta. La microdureza superficial de un material se centra en microestructuras o características superficiales específicas próximas entre sí, mientras que la dureza bruta evalúa su resistencia general a la deformación (21).

- Las pruebas de dureza suelen realizarse con pesas pesadas e indentadores, como lo demuestran los procedimientos Rockwell y Brinell. La dureza de un material puede determinarse mediante estas pruebas. Al realizar pruebas de microdureza, como los procedimientos Vickers o Knoop, se utilizan pesas e indentadores muy pequeños. Gracias a esto, se pueden examinar incluso regiones muy pequeñas sin causar daños excesivos al material (21).
- Para evaluar la resistencia de materiales más grandes y consistentes, la dureza volumétrica es un método excelente. La microdureza superficial es un método más preciso para determinar el grado de dureza de ciertos componentes del material. Además, es eficaz cuando se aplica a recubrimientos, películas delgadas y materiales que no son idénticos entre sí (20).

El mejor instrumento para determinar la dureza es el durómetro. Este producto incluye penetradores de diversas formas, como pirámides y esferas, fabricados en acero y diamante. La fuerza aplicada a estos penetradores puede variar desde gramos hasta kilos, y la duración de la prueba la decide el personal responsable de supervisar el experimento o el investigador responsable de las pruebas (19).

Los materiales muestran varios tipos de dureza que se pueden medir mediante métodos de indentación:

- Brinell: Para crear una ranura en el material, se utiliza una bola de acero o carburo de tungsteno. A continuación, se mide el diámetro de la marca. Funciona bien con materiales con diferentes tipos de superficie (22)
- Rockwell: Utiliza una bola de acero o un cono de diamante para determinar la profundidad de penetración a un voltaje determinado. Es muy utilizado por su rapidez y facilidad de uso (23).
- Vickers: Para determinar la dureza de algo, se miden las diagonales de una pequeña hendidura hecha con una pirámide de diamante. Funciona con una amplia gama de materiales y espesores (24).

- La técnica Knoop es similar al método Vickers, pero emplea un penetrador más largo, lo que la hace mejor para probar recubrimientos delgados o materiales frágiles (24).

Los materiales dentales pueden medir su microdureza. Para determinar su grado de resistencia al desgaste en la boca, esta característica es fundamental. La microdureza puede cuantificarse mediante pruebas de indentación, como los métodos Vickers o Knoop. Gracias a estas pruebas, se puede evaluar la dureza del material en áreas muy pequeñas de su superficie (25).

Este conjunto de pruebas se ha utilizado en numerosos estudios con materiales dentales. Los investigadores han examinado la microdureza del esmalte dental para comprender cómo diversos tratamientos o estímulos externos afectan su estructura. Además, se ha estudiado la microdureza de resinas compuestas, cementos de resina y materiales endodónticos a base de silicato de calcio para determinar su grado de polimerización, resistencia y durabilidad en condiciones similares a las del entorno bucal (26).

3.2 Antecedentes investigativos

3.2.1 Internacionales:

- **“Evaluación in vitro de la dureza superficial de 2 resinas compuestas de laboratorio para uso indirecto fotopolimerizadas por dos métodos diferentes: luz led microwave y horno de polimerización”. Patricia Alexandra Suriaga Aray. Universidad Abierta Interamericana. Buenos Aires 2023.**

En este trabajo, se evalúa la dureza superficial de dos resinas compuestas de laboratorio disponibles en Argentina. Estas resinas se polimerizaron mediante dos métodos de curado distintos: polimerización en horno a 60 °C y fotopolimerización LED. El objetivo es determinar qué método de polimerización produce la máxima dureza superficial en las muestras analizadas y, así, determinar qué proceso de polimerización es el más efectivo. Para la preparación de las muestras, se seleccionaron dos tipos diferentes de resinas compuestas de laboratorio (Nexco, Ivoclar Vivadent y Ceramage Shofu) y dos dispositivos de curado (un horno de fotocurado UV "Full Light" y una lámpara de luz LED Ultradent GRAND VALO) disponibles en Argentina. Se adquirieron veinticuatro muestras de resina de laboratorio, cada una de dos milímetros de espesor, que se dividieron en dos grupos de doce muestras cada uno. Un grupo se trató con una cámara de luz halógena de alta temperatura, que incluía seis muestras de Ceramage y seis de Nexco. El otro grupo se trató con luz LED Poliwave, que también contenía seis muestras de Ceramage y seis de Nexco. La precisión de las técnicas empleadas resultó en diversos procedimientos de curado. Para realizar las pruebas de microdureza Vickers, se utilizó el microdurómetro FM-300. El material se sometió a una carga de 25 gramos durante quince segundos. Todas las muestras curadas en la cámara de luz halógena a una temperatura de sesenta grados Celsius presentaron valores altos (27).

- **“Dureza superficial en resinas compuestas de nanotecnología de diferentes marcas comerciales, según el tiempo de fotocurado y momento del pulido, en el área de operatoria dental de la escuela de odontología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, periodo septiembre-diciembre 2019.**

Como alternativa a las obturaciones de amalgama, las resinas compuestas se utilizan en odontología. Para que las resinas compuestas tengan la microdureza adecuada, se deben cumplir ciertas condiciones específicas, como el tiempo de pulido y fotocurado. Considerando el tiempo de fotocurado y pulido, el objetivo de esta investigación fue analizar la dureza superficial de resinas compuestas basadas en nanotecnología de diversas marcas comerciales. El Departamento de Operaciones Odontológicas de la Clínica Dental Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña fue el lugar donde se realizó esta investigación, que se llevó a cabo entre mayo y agosto de 2019. Se produjeron noventa muestras de resina, incluyendo 45 de Brilliant NG y 45 de Solare X. Cada una tenía una altura y un ancho de seis milímetros. Durante el proceso de endurecimiento de los materiales, se utilizó una lámpara LED Valo y discos 3M Soft-Lex para su pulido. El microdurómetro digital HMV-2T-M, fabricado por Shimadzu, fue utilizado por la Universidad Autónoma de Nuevo León (México). Según los resultados, la resina Brilliant NG Coltene presentó una microdureza de fotopolimerización superior a 57.50 HV a los 10 segundos, alcanzando su valor mínimo a los 20 segundos. En contraste, las muestras pulidas de resina Solare X GC exhibieron una microdureza máxima de 36.05 HV 24 horas después de la fotopolimerización. Esto se logró puliendo las muestras. Las muestras sin pulir presentaron la dureza más baja, con 33.11 HV. Debido a esto, la superficie de la resina Brilliant NG Coltene fue más duradera que la de la resina Solare X GC durante las fases de pulido y fotopolimerización del proceso.

Palabras claves: operatoria dental, resinas compuestas, microdureza superficial, nanotecnología (28).

3.2.2 Nacionales:

- **“Comparación in vitro de la microdureza superficial de la resina compuesta Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Sonicfill™ según profundidad de fotocurado”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2015.**

El objetivo de este estudio es determinar la relación entre la profundidad de fotocurado y la microdureza superficial de las resinas Tetric® N-Ceram Bulk Fill y SonicFill™, obtenidas mediante ensayos in vitro.

Para la investigación, se empleó un enfoque experimental in vitro. Las 32 muestras de prueba se clasificaron en cuatro categorías: Tetric® N-Ceram Bulk Fill de 2 mm, Tetric® N-Ceram Bulk Fill de 4 mm, SonicFill™ de 2 mm y SonicFill™ de 4 mm. Estas categorías se determinaron según el espesor de las muestras. Para la fabricación de estos artículos se utilizaron seis matrices metálicas de 2 mm de ancho y 4 mm de espesor cada una. Cada muestra se mantuvo en una incubadora a 37 °C durante un día completo antes de ser medida. Para determinar la dureza Vickers de las muestras de prueba de cada uno de los cuatro grupos, se tuvo en cuenta el espesor del material en las superficies superior e inferior. Para el análisis de los datos, se utilizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y la t de Student. En comparación con la resina Tetric® N-Ceram Bulk Fill, la microdureza superficial de la resina SonicFill™ fue mayor en espesores de 2 mm y 4 mm. La resina SonicFill™ presentó una microdureza superficial media de $74,75 \pm 3,38 \text{ kg/mm}^2$, mientras que la de la otra resina fue de $72,65 \pm 1,93 \text{ kg/mm}^2$. Tanto la resina Tetric® N-Ceram Bulk Fill como la SonicFill™ mostraron una mayor dureza en la superficie superior que en la inferior. Los valores medios para la superficie superior fueron de $60,87 \pm 2,53 \text{ kg/mm}^2$ y $74,75 \pm 3,38 \text{ kg/mm}^2$, respectivamente. El peso medio de la superficie inferior fue de $51,25 \pm 1,95 \text{ kg/mm}^2$ y el de la superficie superior, de $71,37 \pm 2,68 \text{ kg/mm}^2$. Cabe destacar que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los composites Tetric® N-Ceram Bulk Fill y SonicFill™ a profundidades de 2 mm y 4 mm. Estas diferencias se detectaron en ambas mediciones. Se observó un aumento de la microdureza de la superficie superior a ambas profundidades gracias a SonicFill™.

Palabras claves: Resina compuesta, Bulk-fill, microdureza (29).

- **“Estudio del estado de la potencia lumínica de las lámparas de tipo halógena de foto polimerización, asignadas en la clínica estomatológica de la USS-2015”. Universidad Señor de Sipán.**

El objetivo principal de esta investigación fue investigar y verificar el estado de la emisión luminosa mediante un análisis descriptivo y observacional. El estudio se centró específicamente en la emisión luminosa de las lámparas halógenas de fotocurado utilizadas en la clínica odontológica de la "UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN". Durante veinte a treinta segundos, un instrumento radiométrico midió el brillo de la lámpara halógena Litex 680a, que oscilaba entre cero y mil milivatios por centímetro cuadrado. Para realizar el experimento, se utilizaron diez lámparas halógenas. Entre la información recopilada se encontraba la antigüedad del componente activo de la fibra óptica, que se utilizó para evaluar su integridad. Se utilizó el programa SPSS versión 22 para el análisis estadístico de los datos. Esto sugirió que los niveles de brillo no eran constantes, lo que a su vez indicaba que ninguna de las lámparas halógenas evaluadas podía proporcionar el nivel de salida requerido. Durante la inspección de la sección operativa del cable óptico, se descubrió que todas las lámparas halógenas estaban dañadas. A pesar de que el componente activo de la fibra óptica de las lámparas halógenas de fotopolimerización estaba dañado y contaminado con resina, estas lámparas mostraron una intensidad promedio de 223,5 milivatios por centímetro cuadrado. Sin embargo, estos hallazgos no garantizan que las resinas compuestas se hayan polimerizado adecuadamente.

Palabras Clave: Potencia lumínica, lámparas halógenas, foto curado (15).

3.2.3 Locales:

- **“Comparación de la microdureza in vitro de tres resinas Bulk Fill”.**
Universidad César Vallejo. Arequipa 2021.

El propósito de esta investigación fue determinar la microdureza de tres resinas de relleno diferentes mediante la evaluación en un entorno de laboratorio. Se empleó un diseño experimental transversal. Se examinaron un total de cuarenta y cinco muestras de Filtek™ One Bulk Fill, Filtek™ Bulk Fill y Tetric® N-Ceram Bulk Fill, con quince muestras de cada tipo. Las muestras se fabricaron en una matriz de teflón de 5 milímetros de ancho y 4 milímetros de alto. Para condensar la resina de relleno, se utilizó una espátula, se selló con cinta de celuloide y se empleó una lámpara LED VALO® con una potencia de 1000 mW/cm² para el proceso de polimerización. La superficie se pulió con un durómetro Vickers tras permanecer almacenada a temperatura ambiente durante veinticuatro horas. La microdureza de la superficie se midió aplicando una fuerza de cien gramos durante veinte segundos durante el pulido. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los hallazgos obtenidos con Filtek™ One Bulk Fill (58,19 Hv), Filtek™ Bulk Fill (32 Hv) y Tetric® N-Ceram Bulk Fill (43,48 Hv) ($p=0,00$). En comparación con Filtek™ Bulk Fill y Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Filtek™ One Bulk Fill presentó una densidad microscópicamente mayor.

Palabras claves: Resinas compuestas, Polimerización, Pruebas de dureza, Materiales dentales (30).

4. HIPÓTESIS

Dado que las diferentes potencias o intensidad de las lámparas LED pueden influir en las propiedades químicas, físicas y mecánicas de las resinas nano-híbridas, así como en su polimerización.

Es probable que la dureza superficial de las resinas indicadas especialmente para el sector posterior se vea afectada en mayor o menor medida.





CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1 Técnica de la investigación

Este estudio incluyó técnicas experimentales y observacionales realizadas en un entorno de laboratorio. Todas las operaciones se realizaron en circunstancias reguladas, lo que permitió la recopilación precisa de datos mediante observación directa y la aplicación metódica de medidas específicas, garantizando así la fiabilidad de los hallazgos obtenidos.

1.2 Ejecución de investigación

1.2.1 Selección de muestras

Se produjeron 30 unidades o muestras como cilindros de resina nanohíbrida por los fabricantes seleccionados de conformidad con los estándares internacionales, que presentaron las siguientes medidas: 4 mm de altura por 8 mm de diámetro.

Los cilindros se fotopolimerizaron con una lámpara LED Woodpecker O-Light, aplicando las tres intensidades de luz descritas previamente en la técnica. El objetivo del estudio fue la evaluación directa de la superficie fotopolimerizada; por lo tanto, se consideró innecesario un pulido adicional de los cilindros para mantener las propiedades superficiales obtenidas durante la polimerización.

1.2.2 Criterios para los grupos

Se utilizó un molde metálico, especialmente diseñado para este propósito y de acuerdo con los parámetros descritos en el párrafo anterior, para producir los cilindros de resina. Las muestras se fotopolimerizaron y luego se sumergieron en

solución salina fisiológica para conservar la humedad, imitando así las condiciones orales hasta la realización de las pruebas.

1.2.3 Preparación de muestras y aplicación de material

Ya disponiendo de las treinta muestras, se procedió a separar en 2 grupos que se dividieron en 3 sub grupos que fueron distribuidos así:

- Grupo A: compuesto de 15 cilindros realizados con la resina Filtek P60, y se distribuyen de esta forma:
 - Grupo A1: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 800 mW/cm^2 .
 - Grupo A2: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 1000 mW/cm^2 .
 - Grupo A3: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 1200 mW/cm^2 .
- Grupo B: son 15 cilindros realizados con resina Estelite Posterior, que se distribuyen de la siguiente forma:
 - Grupo B1: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 800 mW/cm^2 .
 - Grupo B2: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 1000 mW/cm^2 .
 - Grupo B3: 5 cilindros de resina que fueron fotocurados con una intensidad de 1200 mW/cm^2 .

1.3. Instrumentos

- a) Instrumento de observación documental en forma de una ficha de recolección de datos.
- b) Lista de instrumental:
 - Recipientes de vidrio
 - Lámpara LED de la marca comercial O-Light de Woodpecker
 - Pieza de mano de alta velocidad
 - Cámara para fotos del celular
 - Computadora
 - Impresora
 - Radiómetro
 - Durómetro Indentec
 - Molde metálico

1.4 Lista de materiales

- Resinas nano-híbridas de las marcas Filtek P60 y Estelite® Posterior
- Glicerina
- Suero fisiológico

2.- CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1 Ubicación Espacial

Ámbito general: Ciudad de Arequipa

Ámbito específico: Laboratorios con instrumentos para evaluar microdureza.

2.2 Ubicación Temporal

Cronograma

Fechas	Avances
Octubre 2024	Proyecto de tesis Elección de dictaminadores
Noviembre y diciembre 2024	Elaboración de experimento Marco teórico y bibliografía
Enero 2025	Pruebas estadísticas Interpretación de resultados Borrador de tesis

2.3 Unidades de Estudio

Se seleccionaron dos grupos principales (A y B). Cada uno de estos grupos se dividió en tres subgrupos. Esta forma de organizar contribuye y facilita la interpretación de los resultados:

Grupo	Marca de resina	N° de muestras	Potencia de Luz	Instrumento de recolección de datos
Grupo A1	Filtek P60	5	800 mW/cm ²	Ficha de registro observacional
Grupo A2	Filtek P60	5	1000 mW/cm ²	Ficha de registro observacional
Grupo A3	Filtek P60	5	1200 mW/cm ²	Ficha de registro observacional
Grupo B1	Estelite Posterior	5	800 mW/cm ²	Ficha de registro observacional
Grupo B2	Estelite Posterior	5	1000 mW/cm ²	Ficha de registro observacional
Grupo B3	Estelite Posterior	5	1200 mW/cm ²	Ficha de registro observacional

3. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

3.1 ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN

3.1.1 Organización

Los resultados obtenidos a lo largo del estudio serán tratados como datos numéricos, lo que permitirá su procesamiento estadístico. Esta cuantificación facilita la comparación entre grupos, el análisis de tendencias y la identificación de diferencias significativas en los resultados.

3.1.2 Recursos

A) Recursos Humanos

- Investigador principal: Jesús Alberto Alanoca Montes
- Asesor: Dra. Mónica Salas Rojas

B) Recursos Físicos

- Laboratorios de institución educativa superior.
- Biblioteca física y virtual.

C) Recursos económicos

Los recursos utilizados corrieron exclusivamente por parte del investigador.

D) Recursos institucionales

Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Materiales de la UNSA

4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS

4.1 A nivel de procesamiento o sistematización

a) Tipo de procesamiento

Los hallazgos fueron manejados y procesados manualmente, lo que requirió una documentación estricta en tablas y hojas de cálculo para asegurar la precisión en la ordenación, evaluación y validación de los datos adquiridos a lo largo del estudio.

b) Plan de operaciones

b.1 Clasificación de los datos

La información fue agrupada en una matriz de datos genérica y en una hoja de cálculo como la de Excel que se hizo para su procesamiento automatizado.

b.2 Análisis

Variable	Tipo	Escala de Medición	Medidas Estadísticas	Pruebas estadísticas
Microdureza superficial	Experimental y Comparativa	Nominal	Frecuencias absolutas y porcentuales	Anova T de Student Tukey

b.3 Tabulación

Todos los resultados que se obtuvieron al aplicar las pruebas estadísticas correspondientes fueron organizados y presentados en forma de cuadros y tablas, facilitando así la visualización y comprensión de los datos.

b.4 Graficación

Los gráficos que se utilizaron en la presentación de los resultados fueron de tipo columnas y barras, ya que permiten una representación visual clara y comparativa de los datos obtenidos.

4.2 A nivel del estudio de los datos

a) Metodología de interpretación de datos

Se realizó la comparación y estudio relacional de los resultados obtenidos, así como su apreciación y la respectiva comparativa.

b) Modalidades interpretativas

Realizamos una interpretación de cada tabla en particular.

c) Operaciones para interpretar los cuadros

Se utilizaron los métodos deductivos e inductivos, los cuales permitieron razonar tanto desde lo general hacia lo particular como desde lo particular hacia lo general. Asimismo, en el enfoque metodológico se aplicaron procesos de análisis y de síntesis.

d) Niveles de interpretación

Las interpretaciones se realizaron tratando de alcanzar un nivel sencillo de explicación y que sea fácil de entender.

4.3 A nivel de conclusiones

Se ha llegado a las conclusiones basándonos en las interrogantes planteadas al inicio de la investigación y los objetivos formulados. Además, se tomó como referencia la hipótesis, que sirvió como base para llegar a las conclusiones del presente estudio.





CAPÍTULO III

RESULTADOS

TABLA 1: DUREZA - FILTEK P60 - 800 mW/cm²

RESINA FILTEK P60 POTENCIA LUMÍNICA 800 mW/cm ²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	115,60
Desviación Estándar	14,32
Valor Mínimo	101
Valor Máximo	132
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

La presente tabla es puramente descriptiva, en donde no se realizó ninguna prueba estadística, sino que se obtuvo el promedio de dureza de los cilindros de resina fotopolimerizados a una potencia de 800 mW/cm². Podemos apreciar que la media es de 115,60 HV, con mínimos de 101 HV y máximos de 132 HV.

FIGURA 1: DUREZA - FILTEK P60 - 800 mW/cm²

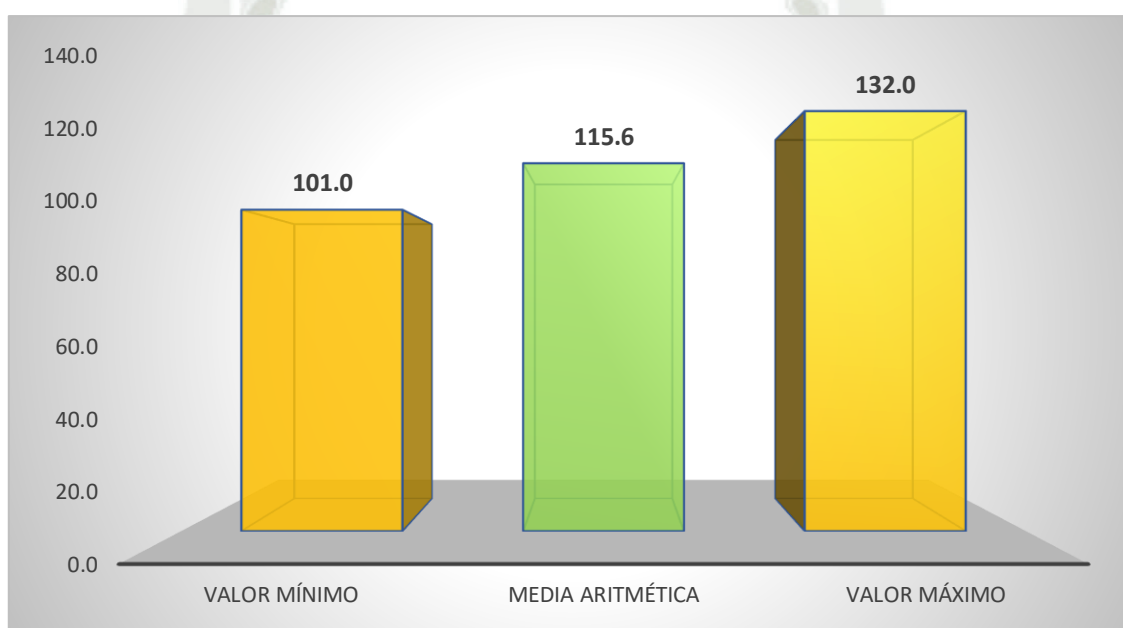


TABLA 2: DUREZA - FILTEK P60 - 1000 mW/cm²

RESINA FILTEK P60 POTENCIA LUMÍNICA 1000 mW/cm ²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	119,20
Desviación Estándar	13,46
Valor Mínimo	103
Valor Máximo	137
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

La segunda tabla también es descriptiva, no se realizó ningún análisis estadístico, sin embargo, se determinó la dureza promedio de los cilindros de resina que fueron fotopolimerizados a una potencia de 1000 mW/cm², se puede observar que el valor promedio es de 119,20 HV, siendo el mínimo de 103 HV y el máximo de 137 HV.

FIGURA 2: DUREZA - FILTEK P60 - 1000 mW/cm²

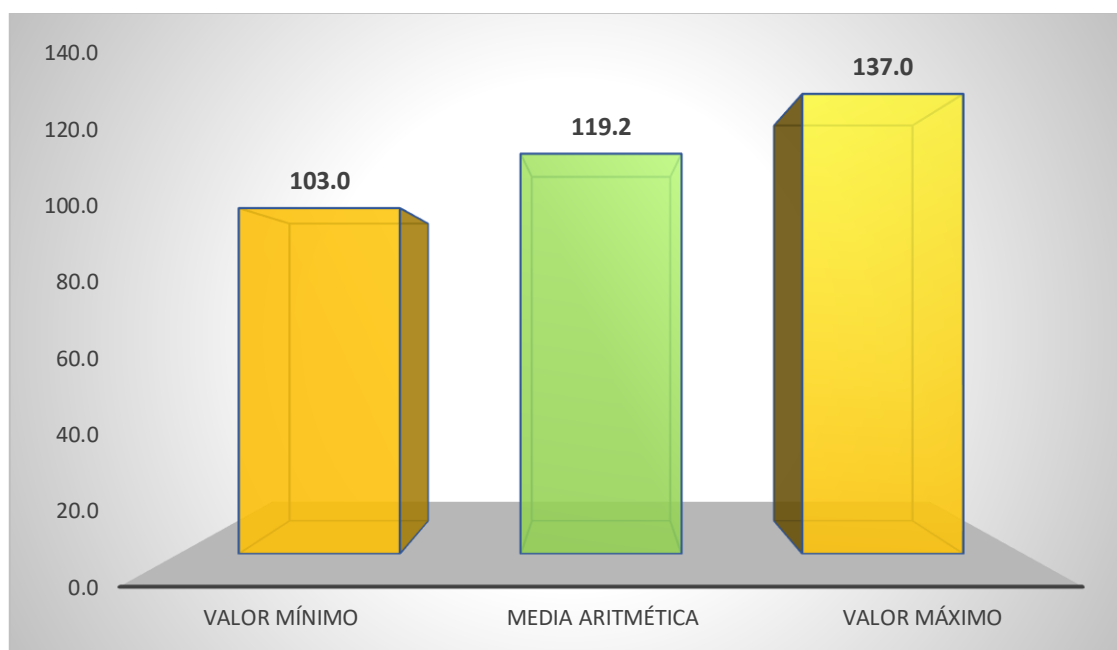


TABLA 3: DUREZA - FILTEK P60 - 1200 mW/cm²

RESINA FILTEK P60 POTENCIA LUMÍNICA 1200 mW/cm²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	107,20
Desviación Estándar	8,58
Valor Mínimo	96
Valor Máximo	120
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

En la tabla N° 3 encontramos que el promedio de dureza de la resina Filtek P60 fotopolimerizada a 1200 mW/cm² fue de 107,20 Vickers. Con un valor más bajo de 96 HV y el valor más alto fue de 120 HV.

FIGURA 3: DUREZA - FILTEK P60 - 1200 mW/cm²

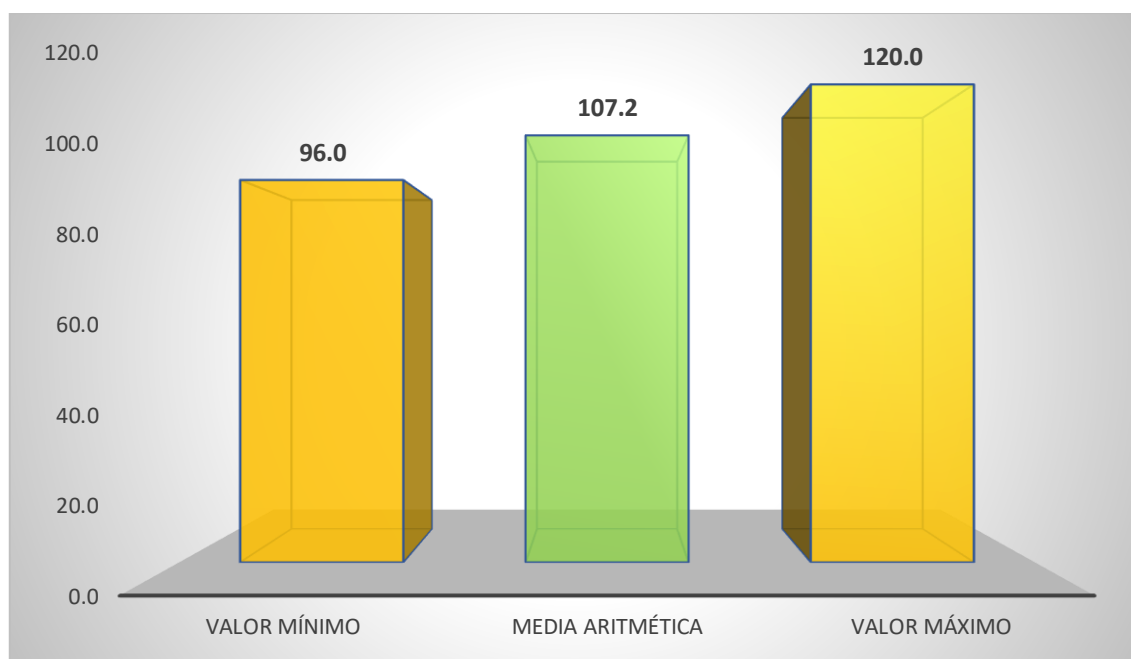


TABLA 4: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 800 mW/cm²

RESINA ESTELITE POSTERIOR POTENCIA LUMÍNICA 800 mW/cm²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	101,40
Desviación Estándar	7,79
Valor Mínimo	91
Valor Máximo	111
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

Esta tabla muestra la dureza superficial de la resina Estelite Posterior al exponerla a una potencia de luz de 800 mW/cm². El promedio es de 101,40 HV, mientras que los valores mínimo y máximo son de 91 HV y 111 HV, respectivamente.

FIGURA 4: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 800 mW/cm²

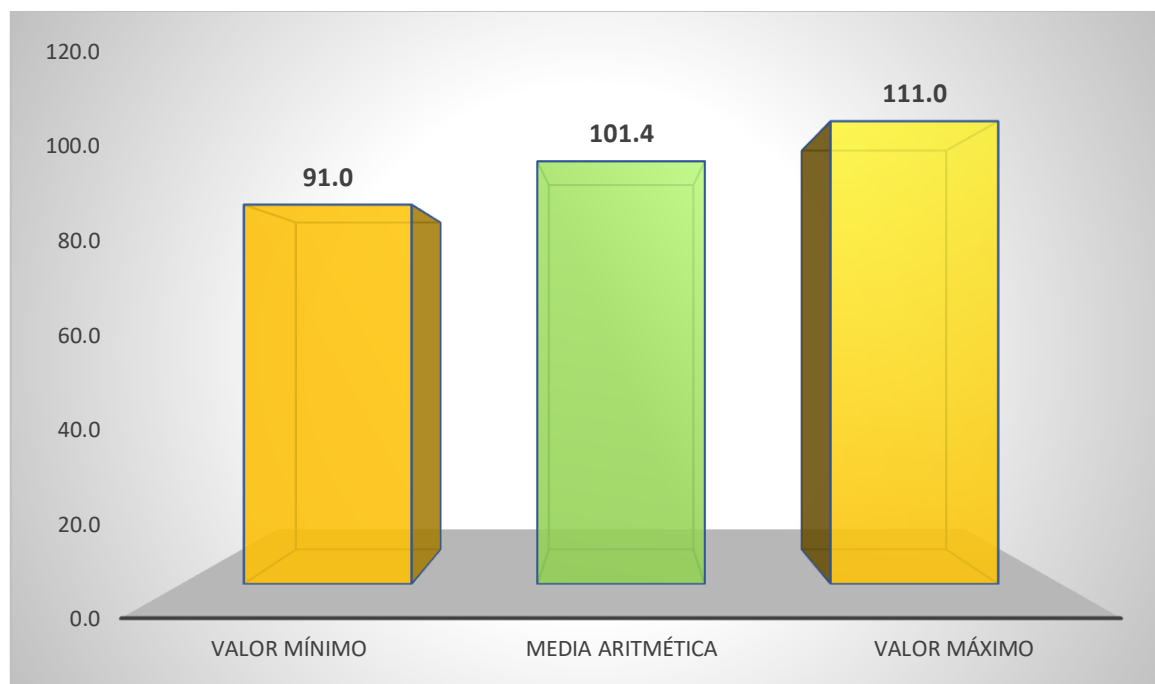


TABLA 5: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1000 mW/cm²

RESINA ESTELITE POSTERIOR POTENCIA LUMÍNICA 1000 mW/cm ²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	104,40
Desviación Estándar	5,89
Valor Mínimo	96
Valor Máximo	112
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

En esta tabla, se observa la microdureza de la resina Estelite Posterior luego de ser expuesta a una fotopolimerización de 1200 mW/cm². El valor promedio de la dureza superficial fue de 104,40 HV, y los valores más bajos y más altos fueron 96 HV y 112 HV, respectivamente.

FIGURA 5: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1000 mW/cm²

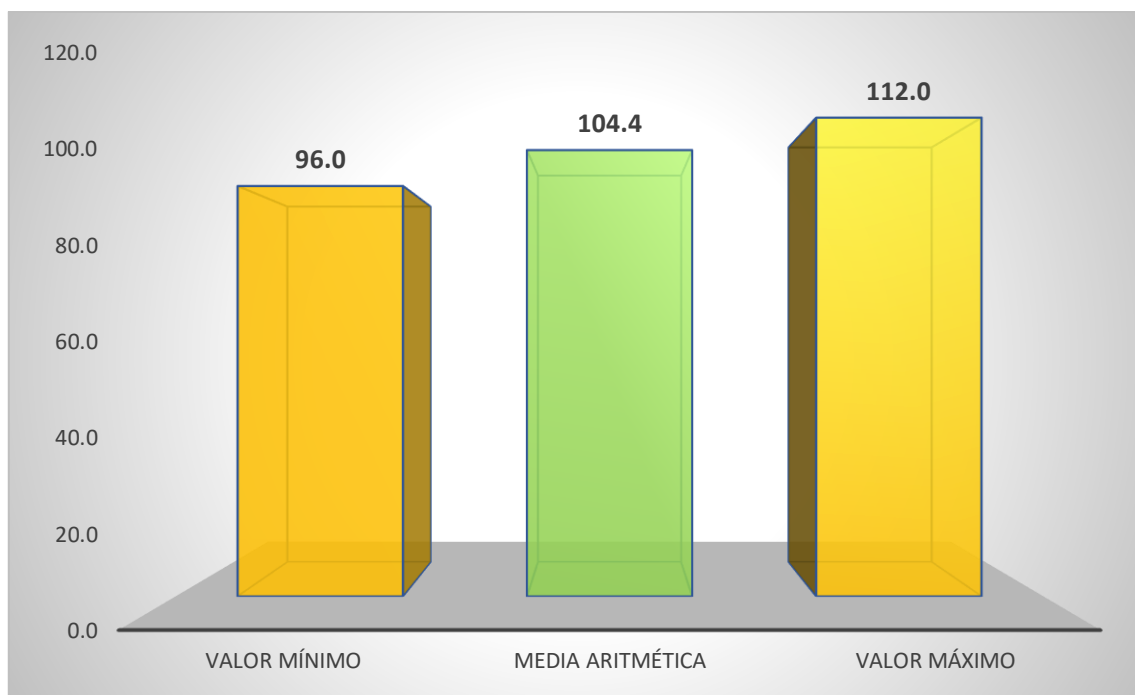


TABLA 6: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1200 mW/cm²

RESINA ESTELITE POSTERIOR POTENCIA LUMÍNICA 1200 mW/cm²	Dureza Superficial
Media Aritmética (Promedio)	129,80
Desviación Estándar	17,61
Valor Mínimo	105
Valor Máximo	152
Total Muestras	5

*Fuente: Estructura de datos

La tabla descriptiva final presenta los valores de dureza superficial de la resina Estelite luego de fotocurarla a 1200 mW/cm², indicando un mínimo de 105 HV y un máximo de 152 HV, resultando en una dureza superficial promedio de 129,80 HV.

FIGURA 6: DUREZA - ESTELITE POSTERIOR - 1200 mW/cm²

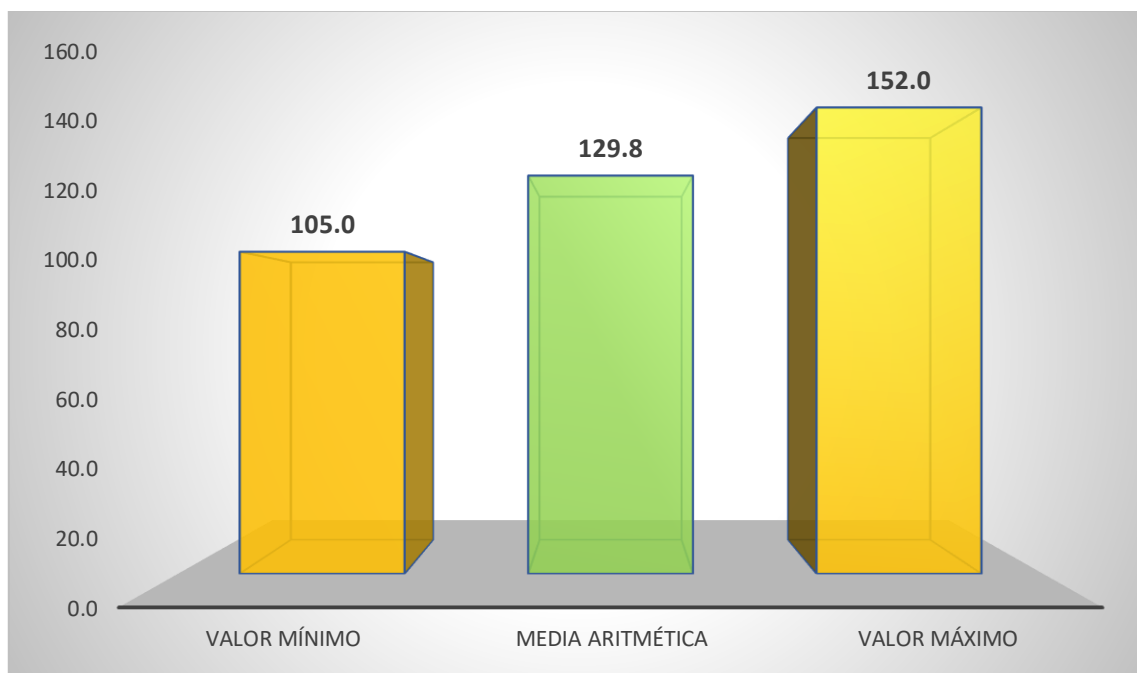


TABLA 7: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – FILTEK P60

Resina Filtek P60 Dureza Superficial	Potencia Lumínica		
	800 mW/cm ²	1000 mW/cm ²	1200 mW/cm ²
Media Aritmética	115,60	119,20	107,20
Desviación Estándar	14,32	13,46	8,58
Valor Mínimo	101	103	96
Valor Máximo	132	137	120
Total Muestras	5	5	5

*Fuente: Estructura de datos **P = 0,325 (P ≥ 0,05) N.S.**

Esta tabla muestra cómo cambia la dureza superficial de la resina Filtek P60 con los tres niveles de intensidad de luz analizados. La prueba estadística ANOVA, o análisis de varianza, muestra que las variaciones en la dureza de los tres grupos de investigación no son significativas; es decir, no presentan variaciones importantes.

FIGURA 7: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – FILTEK P60

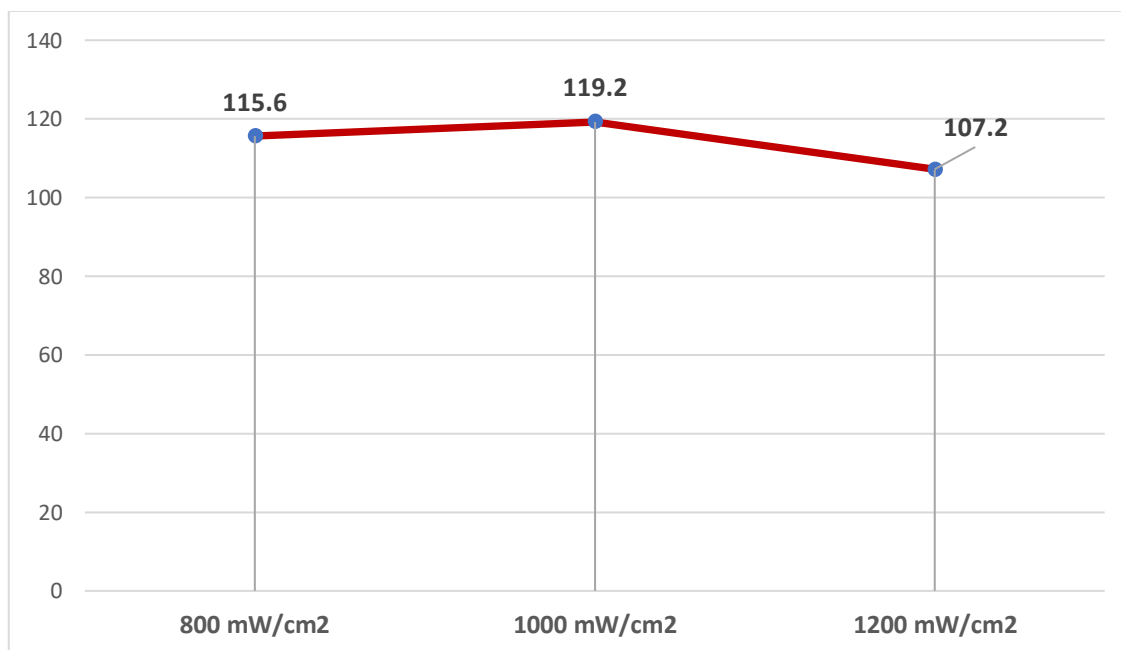


TABLA 8: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – ESTELITE POSTERIOR

Resina Estelite Posterior	Potencia Lumínica		
	800 mW/cm ²	1000 mW/cm ²	1200 mW/cm ²
Dureza Superficial	(A)	(B)	(C)
Media Aritmética (Promedio)	101,40	104,40	129,80
Desviación Estándar	7,79	5,89	17,61
Valor Mínimo	91	96	105
Valor Máximo	111	112	152
Total Muestras	5	5	5

*Fuente: Estructura de datos

P = 0,004 (P < 0,05) S.S.

A = B < C

Al ver la relación que existe entre las tres potencias lumínicas al incidir sobre los cilindros de resina Estelite Posterior, y si esto influye en su dureza superficial, observamos que según Anova, nos indica que si hay diferencias entre los grupos comparados. Y al realizar la prueba Post-Hoc Tukey, observamos que las resinas polimerizadas a 1200 mW/cm² obtuvieron una dureza superior (129,80 HV) que los grupos fotocurados a 800 mW/cm² y a 1000 mW/cm²

FIGURA 8: RELACIÓN DE POTENCIA – DUREZA – ESTELITE POSTERIOR

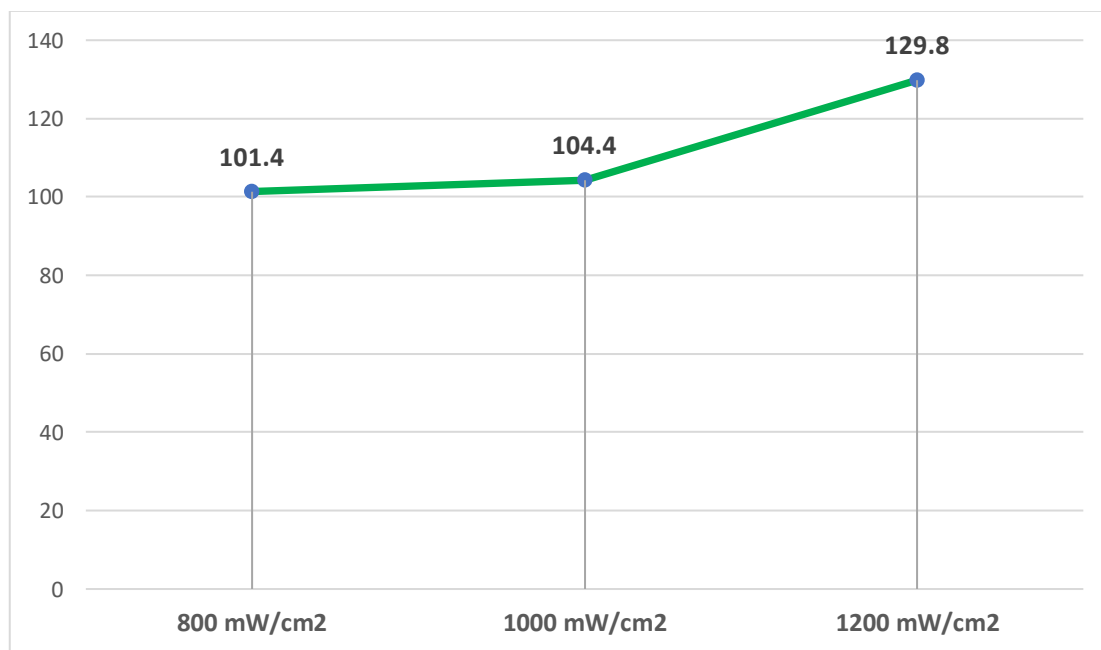


TABLA 9: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 800 mW/cm²

Potencia Lumínica 800 mW/cm ²	Resinas	
	Filtek P60	Estelite Posterior
Media Aritmética (Promedio)	115,60	101,40
Desviación Estándar	14,32	7,79
Valor Mínimo	101	91
Valor Máximo	132	111
Total Muestras	5	5

*Fuente: Estructura de datos

P = 0,047 (P < 0,05) S.S.

Esta novena tabla muestra cómo se comparan las dos marcas de resina (Filtek P60 y Estelite Posterior) cuando se fotopolimerizan a 800 mW/cm², y utilizando la prueba de T de Student, observamos una diferencia sustancial entre los grupos comparados, siendo mayor la dureza en el grupo de resinas Filtek P60.

FIGURA 9: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 800 mW/cm²

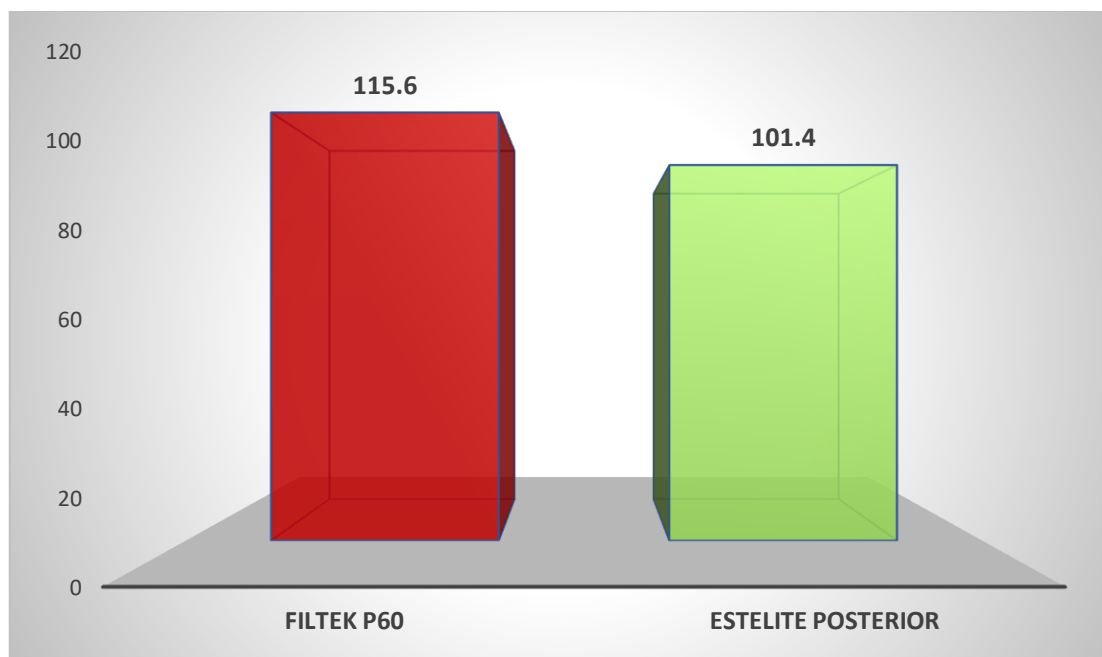


TABLA 10: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1000 mW/cm²

Potencia Lumínica 1000 mW/cm ²	Resinas	
	Filtek P60	Estelite Posterior
Media Aritmética (Promedio)	119,20	104,40
Desviación Estándar	13,46	5,89
Valor Mínimo	103	96
Valor Máximo	137	112
Total Muestras	5	5

*Fuente: Estructura de datos

P = 0,021 (P < 0,05) S.S.

La comparación de la dureza entre las dos resinas nanohíbridas expuestas a 1000 mW/cm², determinada mediante la prueba estadística T de Student, indica una diferencia significativa entre los grupos, presentando la resina P60 una dureza promedio de 119,20 HV, superando el promedio de la resina Estelite de 104,40 HV.

FIGURA 10: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1000 mW/cm²

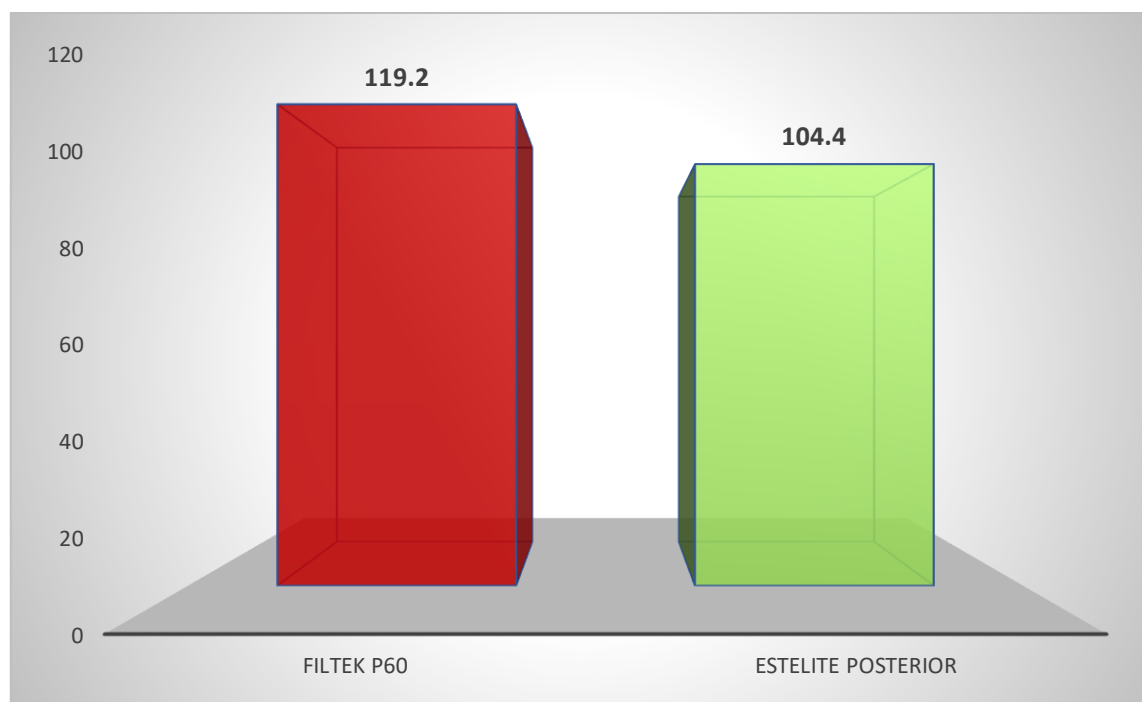


TABLA 11: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1200 mW/cm²

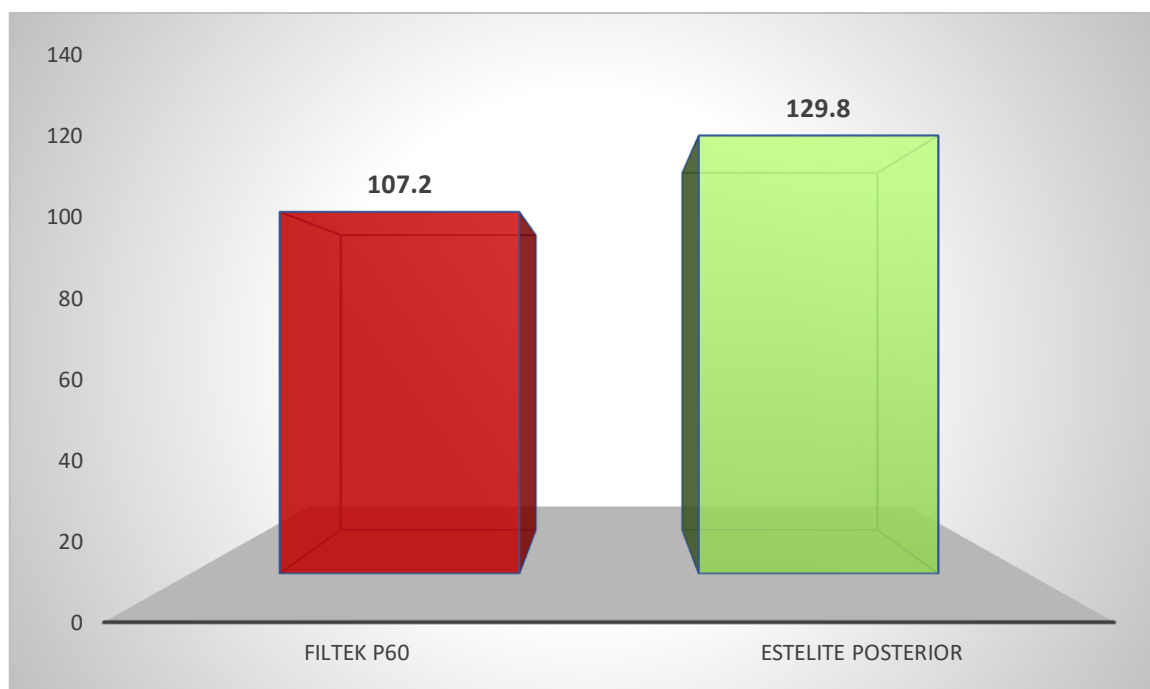
Potencia Lumínica 1200 mW/cm ²	Resinas	
	Filtek P60	Estelite Posterior
Media Aritmética (Promedio)	107,20	129,80
Desviación Estándar	8,58	17,61
Valor Mínimo	96	105
Valor Máximo	120	152
Total Muestras	5	5

*Fuente: Estructura de datos

P = 0,009 (P < 0,05) S.S.

Finalmente, en la última tabla observamos una diferencia sustancial entre los grupos comparados, ya que luego de aplicar T de Student, vemos que al someter a las dos marcas de resinas a una potencia lumínica de 1200 mW/cm² la resina Estelite Posterior presenta en promedio una mayor dureza superficial (129,80 HV) que la resina Filtek P60 (107,20 HV).

FIGURA 11: COMPARACIÓN DE LAS DOS RESINAS A 1200 mW/cm²



DISCUSIÓN

A la luz de los resultados obtenidos luego de realizar la parte experimental fotopolimerizando las dos marcas de resina con las tres diferentes potencias lumínicas y luego de realizar las pruebas estadísticas correspondientes, podemos afirmar que, en nuestro trabajo de investigación la hipótesis planteada es aceptada parcialmente. Esto debido a que en el caso de la resina Filtek P60 encontramos que los valores de dureza no presentan diferencias significativas al ser fotoactivadas con los tres tipos diferentes de potencias de luz, es decir, se podría decir que es estable en ese sentido. Sin embargo, en la resina Estelite Posterior si se presenta una diferencia notable en las mediciones, ya que al ser sometida a la luz LED a los 800 mW/cm^2 y a los 1000 mW/cm^2 , no hay variación significativa en los valores de dureza, pero cuando se aplica una potencia de 1200 mW/cm^2 , los valores de dureza superficial de esta resina si se elevan notoriamente, lo que despejaría las dudas de nuestras interrogantes iniciales, así como validaría nuestra hipótesis en el caso concreto de esta resina.

Si analizamos el antecedente de: “Evaluación in vitro de la dureza superficial de 2 resinas compuestas de laboratorio para uso indirecto fotopolimerizadas por dos métodos diferentes: luz led microwave y horno de polimerización” realizado en la Universidad Interamericana de Buenos Aires el año 2023 (27), se puede observar que si bien en aquel estudio utilizan dos técnicas complementarias de fotocurado, así como también utilizan marcas distintas de resinas, llegan a la conclusión que la dureza superficial se incrementa con esas técnicas adicionales. Esto daría como resultado una alineación parcial con nuestros hallazgos, donde observamos un aumento en la dureza de la superficie de la resina Estelite, cuando se aumenta la potencia de luz.

En el caso del antecedente de la Universidad Ureña de la República Dominicana titulado: “Dureza superficial en resinas compuestas de nanotecnología de diferentes marcas comerciales, según el tiempo de fotocurado y momento del pulido” (28), se puede ver que midieron dureza superficial de dos resinas comerciales distintas a las nuestras, pero en el caso del estudio dominicano, se evaluó si la dureza se modificaba de acuerdo al tiempo de fotocurado. En nuestro caso medimos de acuerdo a potencia de fotopolimerización. Pero encontramos que en ambos estudios los resultados no fueron homogéneos, pues no se encontró en todos los casos un aumento de la dureza superficial.

Si revisamos el caso del primer antecedente nacional titulado: “Comparación in vitro de la microdureza superficial de la resina compuesta tetric® n-ceram bulk fill y sonicfill™ según profundidad de fotocurado” (29), realizado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas el 2015, vemos que se realizó un estudio de la dureza superficial según la profundidad de fotocurado, utilizando otros dos tipos de resina diferentes a las de nuestro estudio. En ambas resinas ellos encontraron que la dureza superficial disminuye cada vez que se va alejando la distancia de fotopolimerizado, es decir, que la dureza superficial es mayor justamente en la superficie, donde la luz irradia directamente, era un resultado previsible según la literatura, pero el estudio de Lima logró corroborarlo. Si a esto le sumamos los resultados obtenidos por nuestro trabajo en el que se observó un aumento de la dureza a mayor potencia de fotocurado en la resina Estelite, podemos obtener apreciadas recomendaciones para trabajos futuros.

Si analizamos el otro antecedente nacional de la Universidad Señor de Sipán titulado: “Estudio del estado de la potencia lumínica de las lámparas de tipo halógena de foto polimerización, asignadas en la clínica estomatológica de la USS” realizado el año 2015 en la ciudad de Pimentel, nos puede beneficiar su estudio porque realizan una medición de la potencia de varias lámparas usadas en la clínica estomatológica de su universidad, dando como resultados potencias muy deficientes para el correcto fotocurado de las resinas. Esto nos puede dar una referencia de las potencias recomendables en las lámparas de la actualidad, ya que en nuestro estudio utilizamos potencias lumínicas muy superiores al estudio de la Universidad del norte del país.

Finalmente, en el trabajo titulado: “Comparación de la microdureza in vitro de tres resinas Bulk Fill” (15), realizado en la ciudad de Arequipa el año 2021, realizaron la fotopolimerización de las tres resinas a una sola potencia de luz de 1000 mW/cm^2 , diferenciándose del nuestro en el que como ya sabemos, realizamos el fotocurado con tres distintas potencias. Pero en ambos estudios coincidimos en que si hubo diferencias significativas en el resultado final de las durezas superficiales entre las resinas usadas en las investigaciones experimentales.

CONCLUSIONES

PRIMERA

La dureza superficial de la resina Filtek P60 fotopolimerizada con las tres distintas potencias de luz de la lámpara LED, no presentó variación significativa, obteniendo promedios de 115,60 HV, 119,20 HV y 107,20 HV respectivamente.

SEGUNDA

En la resina Estelite Posterior si se presentó una diferencia significativa al momento de fotocurarla a 1200 mW/cm², con un promedio de 129,80 HV de dureza superficial, siendo esta muy superior a la de la misma resina fotopolimerizada a 800 mW/cm² (101,40 HV) y a 1000 mW/cm² (104,40 HV).

TERCERA

Al comparar ambas resinas vemos que la Filtek P60 presenta mayor dureza que la Estelite Posterior al someterlas a una potencia de 800 mW/cm² y 1000 mW/cm², pero al someterlas a la potencia de 1200 mW/cm², los papeles se invierten, siendo la Estelite Posterior la que presenta mayor dureza (129,80 HV) sobre la Filtek P60 (107,20 HV).

CUARTA

En conclusión, podemos decir que si existe una relación directa entre el aumento de la potencia de la lámpara LED y el incremento de la microdureza superficial de la resina Estelite Posterior. En el caso de la resina Filtek P60, esta relación no existe, es decir, no influye la potencia de fotocurado sobre la dureza de esta resina.

RECOMENDACIONES

1. Basándonos en la investigación que se realizó, lo primero y más importante que se sugeriría es que, para la resina Estelite Posterior, sería mejor utilizar una luz fotopolimerizadora de alta potencia. Esto se debe a que hemos observado que este método aumenta considerablemente la dureza superficial de dicha resina..
2. A nuevos tesisas e investigadores se recomienda realizar nuevos estudios y análisis referentes a todas las características de la fotopolimerización, junto con su impacto en las diversas características físicas y químicas de los materiales de restauración dental y otros.
3. Se recomienda a odontólogos y especialistas de diversas disciplinas a examinar, analizar y validar todas las características y especificaciones de las herramientas que utilizan habitualmente, incluidas las lámparas de fotocurado. La diferente disponibilidad de marcas en el mercado implica que la experiencia y la competencia de un profesional en diversos procedimientos influirán en la terapia más adecuada para el beneficio de los pacientes.
4. A los fabricantes y proveedores de instrumental odontológico, se recomienda reseñar debidamente en las especificaciones de sus productos sobre todas las características de los mismos, así como indicar claramente los valores ideales de funcionamiento para un mejor resultado de los tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez G DRPSNA. "Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas". Acta Odontológica Venezolana. 2008; 46(3).
2. Calza T CAABC. "La nanotecnología aplicada al desarrollo de resinas compuestas y sistemas adhesivos a esmalte y dentina. Reporte de un caso clínico". Methodo Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas. 2018; 3(3).
3. JL F. "Resin composite—state of the art". Dental Materials. 2011; 27(1).
4. Rosas A MRDDOL. "Evaluación de la dureza superficial de resinas compuestas con diferentes tiempos de fotoactivación". Revista Estomatológica Herediana. 2019; 29(3).
5. Pérez-González C OPSÁGC. "Efecto de la intensidad de la luz de fotocurado sobre las propiedades físico-mecánicas de resinas compuestas". Revista Mexicana de Odontología. 2018; 5(2).
6. J GL. Materiales dentales en odontología restauradora. Tercera ed. Madrid: Ediciones Avances; 2020.
7. Nocchi Conceição E. "Odontología restauradora. Salud y estética". 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.
8. Henostroza G. "Adhesión en Odontología Restauradora". Primera ed. Curitiba - Paraná - Brasil: Editora Maio; 2003.
9. Anusavice KJ. "Phillips. Ciencia de los materiales dentales". Undécima Edición ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2004.
10. Macchi RL. "Materiales Dentales". Cuarta ed.: Editorial Médica Panamericana; 2004.
11. Lanata EJ. "Atlas de Operatoria Dental". Primera ed. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.; 2008.
12. GmbH 3D. "¿Qué hay en tu resina?" Ciencia aplicada a la vida. 2020. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1903333O/article-whats-in-your-composite.pdf>

13. Alexandra Jacqueline Aquino Valverde GdPAVJMDFPALRDAQLKJASKJASMVP. "EFECTIVIDAD DE FOTOPOLIMERIZACIÓN USANDO LÁMPARAS LED: UNA REVISIÓN". Revista Científica Odontológica. 2022 Setiembre; 10(3).
14. Alain Manuel Chaple Gil YMOyJÁR. "Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización". Revista Habanera de Ciencias Médicas. 2016; 15(1).
15. VANESSA RGY. "ESTUDIO DEL ESTADO DE LA POTENCIA LUMÍNICA DE LAS LÁMPARAS DE TIPO HALÓGENA DE FOTO POLIMERIZACIÓN, ASIGNADAS EN LA CLÍNICA ESTOMATOLÓGICA DE LA USS-2015". Tesis para título profesional. Pimentel: Universidad Señor de Sipán, Escuela Académico Profesional de Estomatología; 2015.
16. Boksman L(. "Principios de la Fotopolimerización". Inside Dentistry. 2012 Marzo; 8(3).
17. González F CARD. "Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización". Revista Cubana de Estomatología. 2016; 53(1).
18. Leo G. "Dureza de los materiales: definición, tipos y método de prueba". ARIA MANUFACTURING LIMITED. 2024 Junio.
19. Alvarez JT. "Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina compuesta microhíbrida, una resina compuesta fluida y un cemento ionómero vítreo de restauración frente a la acción de una bebida carbonatada". Tesis para título profesional. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Académico Profesional de Odontología; 2002.
20. Physics I. "Explicación de las pruebas de microdureza: pruebas de Vickers y Knoop". Base del conocimiento. 2024. Disponible en: <https://industrialphysics.com/es/base-de-conocimientos/articulos/explicacion-de-las-pruebas-de-microdureza-pruebas-de-vickers-y-knoop/>
21. S.A.S S. "Ensayos de dureza". 2024. Disponible en: <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Hardness-testing>
22. Instruments N. "Control de la Dureza de Metales: Generalidades". 2024. Disponible en: <https://www.neurtek.com/es/academia/articulos-tecnicos/metalografia-preparacion-de->

muestras/control-de-la-dureza-de-metales-generalidades

23. Wikipedia Cd. "Dureza". "Wikipedia la enciclopedia libre". 2024 Octubre. Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Dureza>
24. Buehler SGd. "Conceptos de prueba de dureza". 2024. Disponible en:
<https://www.buehler.com/mx/blog/conceptos-de-prueba-de-dureza/>
25. Inc. FT. "Microdureza del esmalte dental en odontología". 2024. Disponible en:
<https://world.helmut-fischer.com/es/microdureza-del-esmalte-dental-en-odontologia>
26. Osvaldo Zmener PEMPRDP. "Microdureza de dos materiales endodónticos a base de silicato de calcio. Un ensayo ex vivo". Revista Asociación Odontológica Argentina. 2020 Julio; 35(81).
27. Aray PAS. "EVALUACIÓN IN VITRO DE LA DUREZA SUPERFICIAL DE 2 RESINAS COMPUESTAS DE LABORATORIO PARA USO INDIRECTO FOTOPOLIMERIZADAS POR DOS MÉTODOS DIFERENTES: LUZ LED MICROWAVE Y HORNO DE POLIMERIZACIÓN". Tesina para grado. Buenos Aires: Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de Salud; 2023.
28. Nicole Turbi AA. "Dureza superficial en resinas compuestas de nanotecnología de diferentes marcas comerciales, según el tiempo de fotocurado y momento del pulido". Trabajo de grado para título de Doctor. Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Escuela de Odontología; 2020.
29. Rapizza Alvarez JA. "Comparación in vitro de la microdureza superficial de la resina compuesta Tetric® N-Ceram Bulk Fill y SonicfillTM según profundidad de fotocurado". Tesis. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Escuela de Odontología; 2015.
30. Gutierrez Gheri AMRMDC. "Comparación de la microdureza in vitro de tres resinas Bulk Fill". Tesis para Título profesional. Arequipa: Universidad César Vallejo, ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA; 2021.



ANEXOS

FICHAS DE RECOLECCIÓN

TABLA 12: PRUEBAS DE NORMALIDAD

POTENCIA LÁMPARA	SHAPIRO – WILK		Muestras
	Valor	P	
RESINA FILTEK P60			
800 mW/cm ²	0,880	0,308	800 mW/cm ²
1000 mW/cm ²	0,984	0,953	1000 mW/cm ²
1200 mW/cm ²	0,943	0,689	1200 mW/cm ²
RESINA ESTELITE POSTERIOR			
800 mW/cm ²	0,953	0,758	800 mW/cm ²
1000 mW/cm ²	0,967	0,853	1000 mW/cm ²
1200 mW/cm ²	0,993	0,989	1200 mW/cm ²

*Matriz de datos

Antes de realizar el manejo de los resultados, todos los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, en donde se obtuvo en todos los casos valores por sobre el punto de corte de 0,05, por lo que nos confirma que son datos normales, y se podrán usar las pruebas estadística de primera intención, que en el caso de nuestro estudio serían T de Student y el análisis de varianza (ANOVA).

FIGURA 12: NORMALIDAD RESINA FILTEK P60

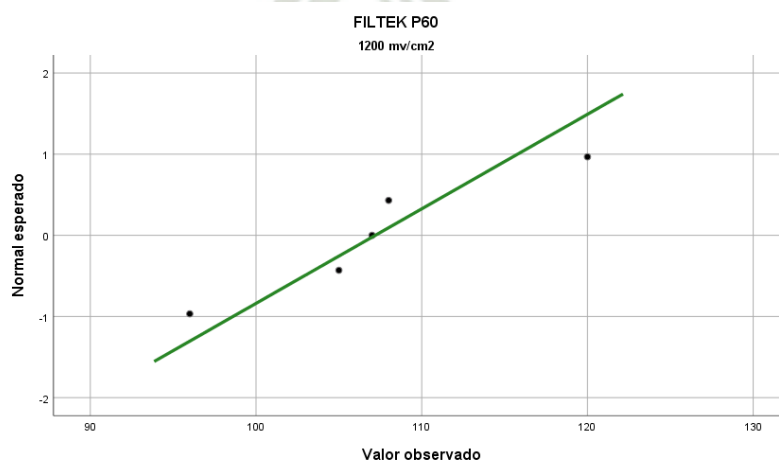
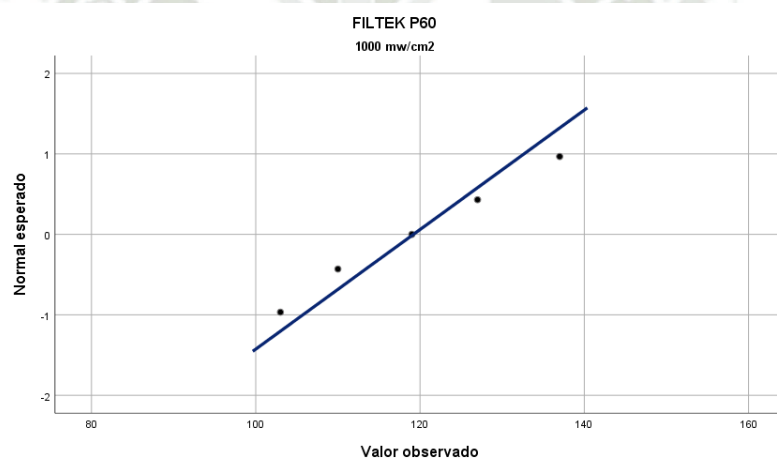
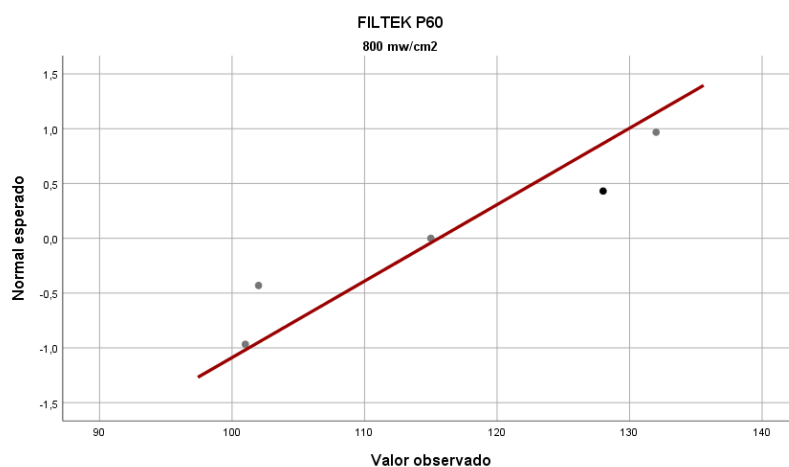


FIGURA 13: NORMALIDAD RESINA ESTELITE POSTERIOR

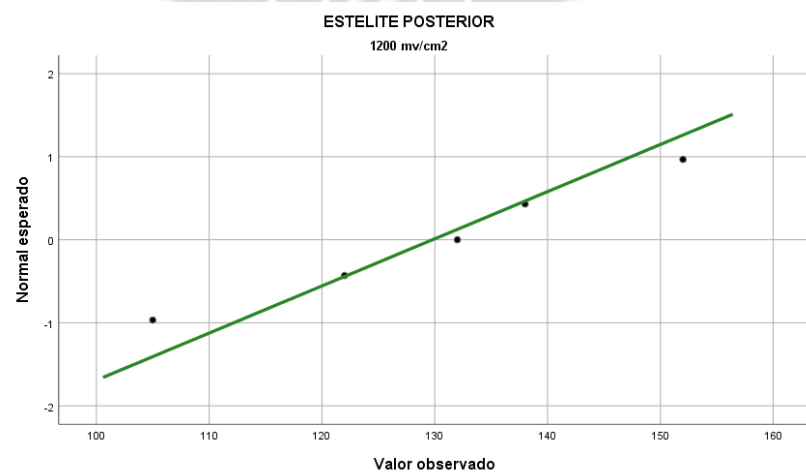
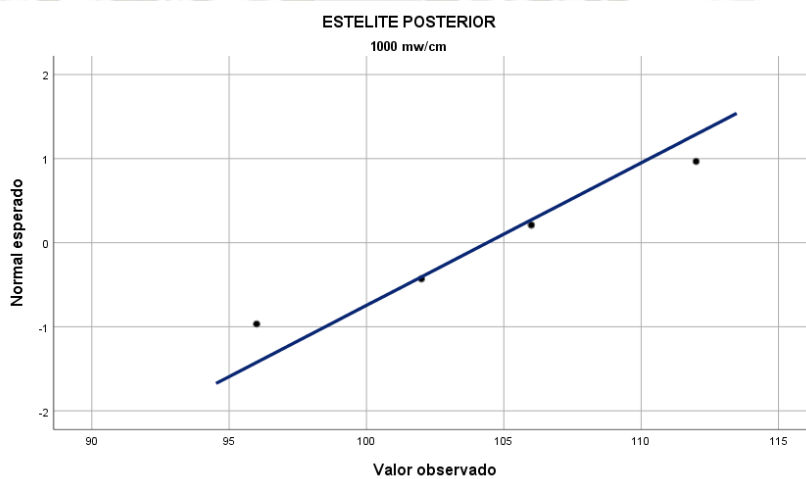
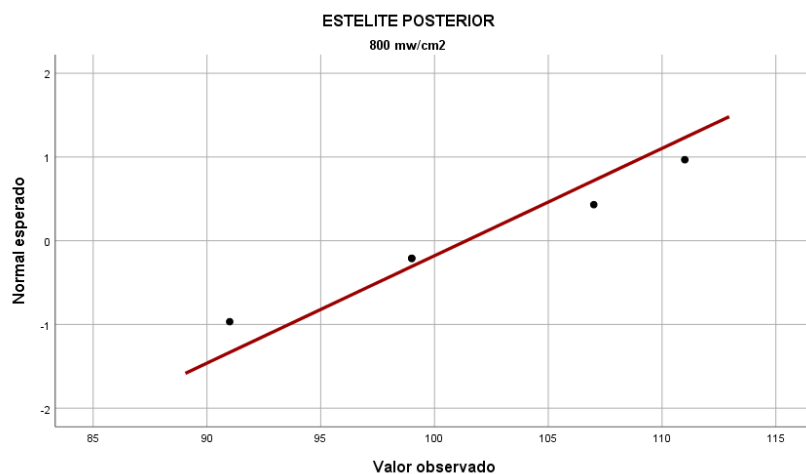


TABLA 13: RECOLECCIÓN DE DATOS RESINA FILTEK P 60

Escala N° Muestra	A1 800 mW/cm2 HV	A2 1000 mW/cm2 HV	A3 1200 mW/cm2 HV
1	132	127	107
2	115	110	108
3	102	119	105
4	101	137	96
5	128	103	120

TABLA 14: RECOLECCIÓN DE DATOS RESINA ESTELITE POSTERIOR

Escala N° Muestra	B1 800 mW/cm2 HV	B2 1000 mW/cm2 HV	B3 1200 mW/cm2 HV
1	99	106	122
2	111	96	105
3	99	112	132
4	91	102	152
5	107	106	138

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FIGURA 14: *Elaboración de muestras*



FIGURA 15: *Elaboración de muestras*



FIGURA 16: Elaboración de muestras



FIGURA 17: Elaboración de muestras



FIGURA 18: Medición de dureza



FIGURA 19: Medición de dureza



FIGURA 20: Medición de dureza



FIGURA 21: Medición de dureza



FIGURA 22: *Durómetro Indentec*



CERTIFICADOS DE MEDICIÓN DE DUREZA



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALÚRGICA DE LA UNSA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

CERTIFICADO

El que suscribe, Ing. Guido Quispe Ampuero, CERTIFICA que se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL
ESCALA : HR1 ST. conversión a HV
MUESTRAS : RESINA FILTEK P60 Y RESINA ESTELITE POSTERIOR
NUMERO DE MUESTRAS : Total 15
SOLICITANTE : Jesús Alanoca Montes

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA FILTEK P60

Escala ° Muestra	A1 800 mW/cm2		A2 1000 mW/cm2		A3 1200 mW/cm2	
	HR15T	HV	HR15T	HV	HR15T	HV
1	84.4	132	83.6	127	79.9	107
2	81.6	115	80.6	110	80.0	108
3	78.8	102	82.3	119	78.6	105
4	78.6	101	85.0	137	75.9	96
5	83.6	128	79.1	103	82.5	120

Observaciones:

Las nuestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 15 de diciembre del 2024



GUIDO F. QUISPE AMPUERO
INGENIERO METALURGISTA
Mg. del Colegio de Ingenieros N° 103532

Ing. Guido Quispe Ampuero
CIP 103532



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALÚRGICA DE LA UNSA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

CERTIFICADO

El que suscribe, Ing. Guido Quispe Ampuero, CERTIFICA que se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYO REALIZADO : ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL
ESCALA : HR1 ST. conversión a HV
MUESTRAS : RESINA FILTEK P60 Y RESINA ESTELITE POSTERIOR
NUMERO DE MUESTRAS : Total 15
SOLICITANTE : Jesús Alanoca Montes

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA

RESINA ESTELITE POSTERIOR

Escala ° Muestra	B1 800 mW/cm2		B2 1000 mW/cm2		B3 1200 mW/cm2	
	HR15T	HV	HR15T	HV	HR15T	HV
1	77.3	99	79.8	106	82.9	122
2	80.9	111	77.0	96	79.7	105
3	77.3	99	81.0	112	84.2	132
4	76.2	91	78.8	102	86.4	152
5	79.9	107	80.1	106	85.1	138

Observaciones:

Las nuestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante

Arequipa, 15 de diciembre del 2024


GUIDO F. QUISPE AMPUERO
 INGENIERO METALURGISTA
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 103532

Ing. Guido Quispe Ampuero
CIP 103532