

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
FEDERICO VILLARREAL**

Vicerrectorado de  
INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**MICRODUREZA DE LA SUPERFICIE INFERIOR DE BLOQUES DE RESINA  
COMPUESTA DE ALTO VALOR POLIMERIZADAS CON LAS LÁMPARAS  
POLIWAVE Y MONOWAVE**

Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista

**AUTOR**

ROQUE SOSA, LUZ AURIA

**ASESOR**

Mg. MEDINA Y MENDOZA, JULIA ELBIA

**JURADO**

Dr. MAURICIO VALENTIN, FRANCO RAÚL

Mg. MENDOZA GARCIA, ELOY JAVIER

Esp. CAFFO GELDRES, LUIS ALBERTO

Dr. MENDOZA MURILLO, PAUL ORESTES

**Lima – Perú  
2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi carrera profesional. A mis padres por darme todo lo que tengo y por mostrarme su apoyo en todo momento. Agradezco las llamadas de mi madre inculcándome a concluir este trabajo. A mis hermanos Marialexandra y Martín por sus palabras de aliento. Los consejos y los recuerdos de mi tío Hector Edinzon que me inspiran a seguir adelante.

Agradezco al Dr. Price y la Dra. Medina por brindarme su tiempo y paciencia para poder concretar este trabajo. A mis amigas Carol, Roxana, Cristina por su apoyo moral y Carlita, que estando tan lejos está pendiente de nosotras. A mi David por estar en los momentos más difíciles para mí.

A la empresa Pareja Lecaros por incentivar la investigación en nuestro país.

Gracias infinitas a todos Ustedes.

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por darme la fuerza de seguir adelante cada día y permitirme llevarme bonitos recuerdos de la universidad. En la que me forme y conocí a personas maravillosas que han colaborado en la etapa de mi vida universitaria. Agradezco el apoyo incondicional de mis padres y de mi tío Hector Edinzon Sosa Paucar por motivarme a concluir el presente trabajo y a seguir a pesar de las adversidades. Enseñarme que en la vida la esencia del hombre está en el amor, el amor al prójimo, el amor a la familia.

## Resumen

El objetivo fue determinar la microdureza Vickers de la superficie inferior de bloques de resina compuesta de alto valor polimerizadas con la lámpara Poliwave y Monowave (Lámpara Bluephase N y Bluephase N MC). Métodos: Se usó una matriz de acero inoxidable para preparar las 52 muestras (bloques de resina) de forma cilíndrica ( $n=5$ ), con un diámetro de 8mm y un espesor de 2mm. Los bloques de las resinas Resina IPS Empress Direct, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Tetric N-Ceram Bleach, Tetric N-Ceram A3 se polimerizaron con la lámpara Bluephase N, Bluephase N<sup>o</sup>MC y Litex 680A (control). Para la prueba de microdureza se realizaron tres indentaciones bajo una carga de 100g por 15 segundos. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (Anova) y la prueba de Bonferroni. Resultados: Poliwave obtuvo los mayores niveles de microdureza con las resinas IPS Empress Direct Bleach XL ( $29.91 \pm 1.56$ ), Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW ( $40.80 \pm 2.17$ ) y Tetric N-Ceram A3 ( $38.73 \pm 0.52$ ), pero no con la resina Tetric N-Ceram Bleach M ( $32.57 \pm 1.44$ ). Se encontraron diferencias significativas al comparar la microdureza obtenidas por las tres lámparas ( $p < 0.05$ ). Conclusión: La polimerización con la lámpara poliwave mejora la microdureza de la superficie inferior de las resinas IPS Empress Direct Bleach XL, Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW y Tetric N-Ceram A3. El promedio más alto de microdureza fue alcanzado por Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con la lámpara poliwave y el promedio más bajo fue obtenido por la resina IPS Empress Direct Bleach XL polimerizada con la lámpara control.

Palabras claves: Microdureza, poliwave, monowave.

## Abstract

The aim was to determine the Vickers microhardness of the lower surface of high-value composite resin blocks polymerized with the Poliwave and Monowave lamp (Bluephase N and Bluephase lamp N MC). Methods: A stainless steel matrix was used to prepare the 52 samples (resin blocks) of cylindrical shape ( $n = 5$ ), with a diameter of 8mm and a thickness of 2mm. Resin blocks IPS Empress Direct, Tetric N-Ceram Bulk Fill, Tetric N-Ceram Bleach, Tetric N-Ceram A3 were polymerized with the Bluephase N lamp, Bluephase No. MC and Litex 680A (control). For the microhardness test three indentations were performed under a load of 100g for 15 seconds. The data were subjected to analysis of variance (Anova) and the Bonferroni test. Results: Poliwave obtained the highest levels of microhardness with IPS Empress Direct Bleach XL resins ( $29.91 \pm 1.56$ ), Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW ( $40.80 \pm 2.17$ ) and Tetric N-Ceram A3 ( $38.73 \pm 0.52$ ), but not with Tetric resin. N-Ceram Bleach M ( $32.57 \pm 1.44$ ). Significant differences were found when comparing the microhardness obtained by the three lamps ( $p < 0.05$ ). Conclusion: Polywave polymerization improves the microhardness of the lower surface of IPS Empress Direct Bleach XL, Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW and Tetric N-Ceram A3 resins. The highest average microhardness was achieved by Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polymerized with the polywave lamp and the lowest average was obtained by the IPS Empress Direct Bleach XL resin polymerized with the control lamp.

Keywords: Microhardness, polywave, monowave

## Índice

I.	Introducción .....	1
II.	Marco teórico .....	4
	2.1 Bases teóricas .....	4
	2.1.1 Resina compuesta.....	4
	2.1.2 Fotoiniciadores .....	6
	2.1.3 Polimerización.....	10
	2.1.4 Espectro electromagnético .....	14
	2.1.4 Microdureza .....	14
	2.2 Antecedentes .....	17
	2.3 Justificación de la investigación.....	23
	2.4 Hipótesis .....	23
III.	Objetivos .....	25
	3.1 Objetivo General.....	25
	3.2 Objetivos Específicos .....	25
IV.	Método .....	26
	4.1.- Tipo de estudio.....	26
	4.2.- Ámbito temporal y espacial .....	26
	4.3 Población y muestra .....	26
	4.4 Variables .....	27

4.5 Instrumentos .....	28
4.6 Procedimientos .....	28
4.7 Consideraciones Éticas.....	34
4.8 Análisis de datos .....	34
V. Resultados .....	35
Tabla 1.....	35
Tabla 2.....	37
Tabla 3.....	38
Tabla 4.....	39
Tabla 5.....	41
VI. Discusión.....	43
VII. Conclusiones.....	46
VIII. Recomendaciones .....	47
IX. Referencias bibliográficas.....	48
X. Anexos.....	53
Anexo 01: Ficha de recolección de Datos.....	53
Anexo 02: Ficha técnica de instrumento a utilizar.....	54
Anexo 03: Matriz de consistencia .....	56
Anexo 04: ISO 4049:2000 .....	57
Anexo 05: Lista aleatoria de los códigos de la muestras.....	58

Anexo 06: Informe de los ensayos de microdureza Vickers .....	59
Anexo 07: Fotos de la experimentación.....	61
Anexo 08: Intensidad de luz de las lámparas usadas .....	68
Anexo 09: Temperatura y Humedad Relativa registrado por SENAMHI .....	69



## Glosario de términos

**Amina:** Las aminas son compuestos orgánicos derivados del amoniacó ( $\text{NH}_3$ ) y son producto de la sustitución de los hidrógenos que componen al amoniacó por grupos alquilo o arilo. Las aminas se clasifican de acuerdo al número de sustituyentes unidos al nitrógeno en aminas primarias, aminas secundarias y terciarias.

**Canforquinona:** Es un fotoiniciador que pertenece al grupo de las dicetonas. Como acelerador de la iniciación suelen añadirse aminas las cuales tienen una gran afinidad por los fotoiniciadores. La canforquinona (CQ) se activa en un rango de entre 400 y 500 nm., siendo su pico de máxima activación los 468 nm.

**Enlaces:** Un enlace químico corresponde a la fuerza que une o enlaza a dos átomos, sean estos iguales o distintos. Los enlaces se producen como resultado de los movimientos de los electrones de los átomos, sin importar el tipo de enlace que se forme. Pero no cualquier electrón, puede formar un enlace, sino solamente los electrones del último nivel energético (más externo).

**Fenilpropanodiona:** Es un fotoiniciador que absorbe energía fotónica y reacciona con la amina activadora, creando radicales libres que inician la polimerización. La fenilpropanodiona es un iniciador de color claro y/o traslucido que posee su mayor absorción por debajo de los 400nm a comparación de la canforquinona que es de un color amarillo y tiene su mayor absorción a unos 470nm.

**Fotoiniciador:** Es una molécula que absorbe la luz y como resultado genera radicales libres, los cuales inician la polimerización. Los fotoiniciadores poseen un grupo carbonilo con electrones no enlazados.

**Polimerización:** Reacción química en la que varias moléculas se combinan para formar otra de elevado peso molecular, en la que se repiten unidades estructurales identificables con las moléculas que la originaron (llamadas monómeros)

## Abreviaturas

<b>ASTM</b>	Sociedad Americana de Ensayo de Materiales
<b>APO</b>	Oxido de Acilfosfina
<b>BAPO</b>	Oxido de Bisacilfosfina
<b>BBC</b>	Corporación de Radiodifusión Británica
<b>Bis-GMA</b>	Bisfenol A – glicidil metacrilato.
<b>Bis-EMA6</b>	Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CQ</b>	Canforquinona
<b>DMAEMA</b>	Dimetil amino etilo
<b>DC</b>	Grado de conversión
<b>DS</b>	Desviación estándar
<b>HEMA</b>	Hidroetilmacrilato.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estandarización
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<b>LED</b>	Emisor de luz diodo
<b>Max</b>	Máximo.
<b>Min</b>	Mínimo.
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro cuadrado
<b>min</b>	Minuto
<b>N°</b>	Número
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>PPD</b>	Fenilpropanodiona

<b>SENAMHI</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
<b>TEGDMA</b>	Trietilenglicol dimetacrilato.
<b>TPO</b>	Óxido de Trimetibenzoil- difenilfosfina
<b>UDMA</b>	Dimetacrilato de uretano
<b>VHK</b>	Número de la Dureza Knoop
<b>VHN</b>	Número de la Dureza Vickers
$\bar{x}$	Media Aritmética

## I. Introducción

La demanda de tratamientos estéticos en los dientes ha dado protagonismo a las resinas compuestas; ya que se asemejan al diente, de una manera mucho más natural que cualquier otro material restaurador. Asimismo, su menor tiempo de trabajo y bajo costo las convierten en una mejor elección frente a la porcelana e inclusive el Ionómero de vidrio. Por otro lado, existe una tendencia masiva de la eliminación del mercurio dental para evitar la contaminación del medio ambiente y los efectos que pueden producir para la salud, desplazando a la amalgama y convirtiendo a la resina compuesta en el material restaurador más usado.

La BBC Mundo en el 2018 realizó una encuesta donde un 52% de la población no están satisfechos con el color de sus dientes. Esta tendencia va aumentando pudiendo hasta convertirse en una manía denominada blancorexia o la obsesión por tener dientes blancos. Es por ello que el odontólogo debe contar con resinas compuestas con una variedad de colores más claros o de alto valor.

Para conseguir la longevidad de las resinas compuestas se requiere una adecuada polimerización, la cual conllevará a que los pacientes tengan menor necesidad de acudir a citas para la sustitución de sus restauraciones y evitar el fracaso de éstas. Tema que es de preocupación para los pacientes y el odontólogo. Lograr una adecuada polimerización es indispensable la presencia de los fotoiniciadores y las unidades de luz. Los fotoiniciadores convierten la energía lumínica en energía química dando paso a la formación de radicales libres, tipo de polimerización de las resinas dentales.

La canforquinona es el fotoiniciador más usado, este posee una coloración amarillenta característica, además necesita de un coiniador que es la amina terciaria y se activa en una longitud de onda de 390 a 510nm. Las diversas unidades de luz poseen un espectro de irradiación

que abarca la longitud de onda de la canforquinona, por lo que su activación no es ningún problema. Sin embargo, existen otros fotoiniciadores, tales como Lucerin TPO, Ivocerin, APO y BAPO que son menos amarillos que la canforquinona e incoloros, aptos para hacer restauraciones en los casos que se realizó un blanqueamiento previo a la restauración, prótesis con dientes más claros o que el color natural del diente sea claro o translucido. Algunos de los otros fotoiniciadores diferentes a canforquinona no necesitan de un coiniador y generan en términos de polimerización más de un radical libre, lo que hace que se generen más centros de activación para la formación de polímeros. Asimismo, estos fotoiniciadores se activan a una longitud de onda menor a la canforquinona y no siempre igual al espectro de irradiación de las lámparas. Por lo que es incierto si las unidades de luz activan completamente a estos fotoiniciadores.

Existe en el mercado la lámpara LED Poliwave o de múltiple longitud de onda, la cual posee dos picos de emisión espectral, una azul (440-460nm) y otra violeta (400-410nm), las cuales podrían adaptarse mejor a la activación de los otros fotoiniciadores.

Una de las formas como comprobar el proceso de polimerización es por medio de pruebas mecánicas, como la microdureza, el cual se encuentra íntimamente relacionada con el grado de polimerización, encontrándose relaciones lineales positivas entre el grado de conversión y la microdureza. Un factor común de trabajos de investigación es el decrecimiento de la microdureza en la superficie inferior de las resinas compuestas. Y si consideramos que esta superficie es la que entra en contacto con la superficie dentaria y su bajo grado de polimerización puede afectar la adhesión de la resina a la superficie dentinaria. Creándose de esta manera microfiltraciones y el fracaso de las restauraciones dentarias. Es por ello que en el presente trabajo se evaluará

¿Cuál es la diferencia de la polimerización con las lámparas poliwave y monowave en la microdureza de la superficie inferior de las resinas compuestas de alto valor?

## II. Marco teórico

### 2.1 Bases teóricas

#### 2.1.1 Resina compuesta

A inicios del siglo 50, se inventó la “resina de Bowen”, el cual marcó el nacimiento de los composites en la Odontología. Las resinas compuestas están formadas por la mezcla de polímeros orgánicos o matriz (12-40% peso) y partículas de relleno inorgánicas (60-88% peso) (Pereira, 2008). En cuanto a su composición química la resina compuesta presenta una matriz orgánica, relleno inorgánico, agentes de acoplamiento, fotoiniciadores, inhibidores y modificadores ópticos (Phillips, 1998).

La matriz orgánica está compuesta por monómeros de dimetacrilato alifáticos u aromáticos, el monómero más utilizado durante los últimos años ha sido el Bis-GMA (Bisfenol-A-GlicidilMetacrilato) (Pereira, 2008).

Comparado con el metilmetacrilato, el Bis-GMA posee mayor peso molecular por lo que su contracción durante la polimerización es mucho menor. Los monómeros de alto peso molecular, como el Bis-GMA, son muy viscosos a la temperatura ambiente (Phillips, 1998).

Por lo tanto su alto peso molecular es una característica que lo limita, ya que aumenta su viscosidad y pegajosidad lo que implica dificultades en la manipulación de las resinas compuestas (Miletic *et al.*, 2017).

El grado de conversión del Bis-GMA es bajo, por lo que se añaden monómeros de baja viscosidad tales como el TEGDMA (triethylenglicol dimetacrilato) para superar esta dificultad (Deborah , 2000).

Actualmente, los monómeros menos viscosos como el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), se están incorporando en algunas resinas lo que causa una reducción de TEGDMA (Burgees , Walter , Porche y Rappold , 2002).

El Bis-EMA6 tiene mayor peso molecular y menos uniones dobles por unidades de peso, lo que produce una reducción de la contracción de polimerización, una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, por lo que su sensibilidad y alteración por la humedad disminuyen (Janda, Roulet, Kaminsky, Steffin y Latta, 2004). El UDMA (dimetacrilato de uretano) es otro monómero con la ventaja de poseer menor viscosidad y mayor flexibilidad, mejorando la resistencia de la resina (Miletic *et al.*, 2017).

En el relleno inorgánico se encuentran diferentes materiales como el sílice, zirconio, aluminio, boro, silicatos, vidrio de estroncio o aluminio silicatos silanizados (Bouschlicher y Rueggeberg, 2000).

Además del monómero, otros aditivos se mezclan con la matriz de la resina, incluyendo un iniciador –activador, inhibidores, absorbentes de luz ultravioleta, pigmentos y opacificadores, presentes en pequeñas cantidades (Phillips, 1998). Si se forma un radical libre, producto de una breve exposición a la luz cuando se ha dispersado el material, el inhibidor reacciona con el radical libre y así inhibe la propagación de la cadena terminando la capacidad del radical libre de iniciar el proceso de polimerización (Bouschlicher y Rueggeberg, 2000).

El inhibidor más usado es el hidroxitolueno butilado que se emplea en concentraciones de 0.01% por peso (Phillips, 1998).

Los modificadores ópticos se utilizan para lograr la apariencia del diente. El matizado se logra por la adición de diferentes pigmentos, los cuales a menudo consisten en óxidos metálicos diferentes que se agregan en cantidades pequeñas (Salas y Lozano, 2014). Todos los modificadores ópticos afectan la capacidad de transmisión de la luz de un compuesto. Muchos compuestos son fotocurados, lo que sugiere que tiene que haber diferentes matices y opacidades para diferenciar la profundidad de curado con luz (Phillips, 1998).



Una clasificación aún válida de las resinas compuestas es la propuesta por Lutz y Phillips (1983) esta clasificación divide las resinas en base al tamaño y la distribución de las partículas de relleno en: macrorelleno o convencionales, microrelleno y resinas híbridas.

Los composites convencionales o macrorrelleno tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50  $\mu\text{m}$ . Este tipo de resinas fue muy usada, no obstante, sus desventajas justifican su desuso ya que presentan deficiencia en el manejo clínico y un acabado superficial pobre, ya que se observa un desgaste preferencial de matriz resinosa (Nevarez, 2007).

Los composites de microrelleno contienen relleno de sílice coloidal a un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05  $\mu\text{m}$  (Lutz , 1983).

Al examen clínico este tipo de resina se comporta mejor en la región anterior, ya que las ondas y la tensión masticatoria son parcialmente pequeñas, facilitando un alto pulimento y brillo superficial, lográndose así alta estética en la restauración (Pereira, 2008).

Los composites híbridos se nombran así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diversa composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más. El tamaño de las partículas fluctúa entre 0,6 y 1 mm que van integrando sílice coloidal con tamaño de 0,04mm. (Pereira, 2008).

Por su razonable buena resistencia y superficie lisa, estos compuestos son ampliamente usados para restauraciones anteriores. Este grupo pertenece a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados en la odontología (Lutz , 1983).

### **2.1.2 Fotoiniciadores**

Un fotoiniciador es una molécula que absorbe la luz y como resultado genera especies reactivas (radicales libres) que inician la polimerización (Stansbury , 2000).

Por lo general los fotoiniciadores poseen un grupo carbonilo con electrones no enlazados. La iniciación de los radicales libres genera la foto iniciación de las moléculas y un activador de amina. Cuando estos dos componentes han sido expuestos a la luz no interactúan. Sin embargo la exposición a la luz en una correcta longitud de onda (unos 468nm) produce un estado de excitación del fotoiniciador e interacción con la amina para formar radicales libres que inicien la polimerización por adición (Phillips, 1998).

Muchos factores tales como la composición de resina, la concentración del fotoiniciador, la temperatura de curado, la exposición al oxígeno, el tiempo y la intensidad de irradiación interactúan en el grado de polimerización (Stansbury y Dickens, 2001).

Según Janda *et al.* (2004) el sistema fotoiniciador puede no sólo influir en las características de curado y la resistencia de los materiales, sino también tener un impacto en la estabilidad del color. Asimismo, el grado de conversión parece fuertemente dependiente de la composición de monómeros y la cantidad y tipo de fotoiniciador presente (Nevarez , 2007).

La canforquinona es el fotoiniciador más usado, es una sustancia amarillenta con la capacidad de absorber luz en la región azul del espectro de luz visible (400-500 nm), con una absorción máxima de 465-575 nm. Por esto se absorbe la luz en la zona azul, lo cual explica el fuerte color amarillo inherente de la canforquinona (Fadul *et al.*,2008).

Los composites pueden presentar un contenido de canforquinona del 0,15 – 0,20%. Por el hecho de aumentar la proporción del fotoiniciador no se consigue una mayor profundidad de polimerización, mucho menos un mayor grado de conversión del composite (Silva *et al.*, 2011).

Este iniciador está presente en el cartucho de resina en niveles cercanos a 0.2% en peso o menos, la CQ requiere de un coiniador para que produzca el proceso de polimerización eficiente (Fadul *et al.*,2008).

Un coiniador es un compuesto separado que no absorbe la luz, ya que interactúa con un fotoiniciador activado. En el caso de una resina compuesta que contiene canforquinona se utiliza un metacrilato de dimetilaminoetilo (DMAEMA) como coiniador para producir los radicales libres que comienzan la polimerización (Stansbury , 2000). La combinación de fotoiniciadores alternativos con CQ presentó resultados alentadores, desde puntos de vista tanto estéticos y mecánicos debido a la mejora de su estabilidad de color y el mantenimiento de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de resina modelo (Salgado *et al.*, 2015).

Durante la activación del iniciador y la subsiguiente polimerización del material, la canforquinona no se desintegra completamente. Como resultado, los composites fotopolimerizables siempre tienen un color amarillento. Normalmente este color amarillento no afecta la restauración, ya que la estructura natural del diente también contiene un poco de amarillo, sin embargo si se tienen que restaurar dientes a los que se ha realizado un blanqueamiento el contenido de la canforquinona tiene que ser reducido para poder lograr un grado comparable de blanco (Bouschlicher y Rueggeberg, 2000).

CQ ha sido parcialmente sustituido en algunos productos ofrecidos en el mercado con fotoiniciadores alternativos, tales como difenil (2, 4, 6-trimetilbenzoyl) fosfina (TPO), entre otros fotoiniciadores que son menos amarillos y tienen picos de absorción a longitudes de onda de menos de 420 nm (Oliveira *et al.*, 2015).

APO (Oxido de Acisfosfina) y BAPO (oxido de bisacilfosfina) han adquirido recientemente la atención en el ambito odontológico, ya que estos fotoiniciadores no requieren de una amina terciaria (Ikemura y Endo, 2010).

En términos de polimerización, la canforquinona produce sólo un radical libre activo, TPO produce dos y BAPO produce cuatro radicales libres activo. De esta manera BAPO forma más

centros activos para la formación de radicales y extensión de la cadena; lo que favorece la reticulación, haciendo que el polímero sea menos susceptible al ablandamiento (Salgado *et al.*, 2015).

PPD o Fenilpropanodiona posee un espectro de absorción que se extiende desde la franja de longitud de onda UV hasta aprox. 490 nm (Salgado *et al.*, 2015).

Este fotoiniciador posee por si solo un grado de conversión similar al de la canforquinona. Juntos actúan sinérgicamente dando lugar a una reacción de fotoactivación más eficaz; la PPD se suele utilizar en los adhesivos mono componentes y en los composites de tonos esmalte o translúcidos (Dauvillier *et al.*, 2000).

Lucerin TPO o Lucerin es un óxido de acilfosfina. Este fotoiniciador es popular ya que se blanquea completamente una vez que la fotoactivación haya finalizado. Su pico de sensibilidad se ha desplazado a una franja de longitud de onda considerablemente menor (Randolph *et al.*, 2016).

Lucerin TPO y PPD se pueden polimerizar sólo hasta un cierto punto con las convencionales lámparas LED de primera y segunda generación, ya que su baja salida espectral difícilmente cubre el espectro de absorción de estos iniciadores. Lucerin o TPO se utiliza en algunos materiales compuestos, debido a su característica de ser incoloro después de la reacción de curado luz, sus polímeros son menos amarillento que otros en los que se utiliza solamente canforquinona como fotoiniciador (Salgado *et al.*, 2015).

Dentro de las limitaciones del estudio que realizaron Salgado *et al.* (2015) se puede concluir que TPO y BAPO combinado con CQ mejoró la dureza, pero no mejoró la profundidad de curado. Las combinaciones de TPO y BAPO con CQ disminuyeron el grado de color amarillo de

los materiales dentales basados en resina, pero el aumento de la estabilidad del color sólo se observó en asociaciones con la presencia de TPO.

### **2.1.3 Polimerización**

La polimerización ocurre cuando una cantidad adecuada de fotones activan a una cantidad suficiente de radicales libres, los enlaces alifáticos se rompen y se convierten en enlaces covalentes primarios entre monómeros de metacrilato, de esta manera se transforma el material de un estado viscoso a un estado rígido (Horning *et al.*,2012).

Se necesita una suficiente cantidad de radicales libres para una adecuada penetración en profundidad de la luz y lograr la conversión del monómero en polímero (Dauvillier *et al.*,2000).

Para Salles *et al.* (2015) los factores que intervienen en la polimerización del material son: el tipo de fotoiniciador, el color y el grosor de la capa colocada.

Con respecto a los factores que intervienen del foco de luz son la longitud de onda, la distancia, la intensidad y el tiempo de exposición (Bouschlicher y Rueggeberg, 2000).

Una unidad fotopolimerizable con una salida de luz altamente no homogénea puede afectar negativamente la microdureza localizada de materiales compuestos a base de resina y esto puede ser un factor contribuyente para el fallo prematuro de una restauración (Price *et al.*, 2014).

La idea es que las resinas compuestas deben tener la mayor parte de sus monómeros convertidos en polímeros durante la polimerización (Horning *et al.*,2012).

La primera fuente de luz para polimerizar los composites fue la luz ultravioleta ,en la década de los 70.Esta fue desplazada rápidamente por otros tipos de luz por su escasa capacidad de penetración, lentitud de fotoactivación y riesgo de dermatosis o lesión ocular ante exposiciones prolongadas (Dauvillier *et al.*, 2000).

Las lámparas halógenas (cuarzo tungsteno halógena- QTH) están conformadas por una bombilla de filamento de tungsteno, reflector, filtro, sistema de enfriamiento y una fibra óptica,

la cual transforma la luz blanca en luz azul y la emisión de esta luz activa al fotoiniciador presente en el composites (Silva *et al.*, 2011).

La luz halógena convencional consiste en un filtro de 100 nm. De banda que oscila entre los 400 y 500 nm. La producción de luz se basa en que objetos calentados emiten radiación electromagnética. En el caso de las lámparas de luz halógena la luz se produce cuando una corriente eléctrica fluye a través del filamento de tungsteno (Dauvillier *et al.*, 2000).

El filamento actúa como una resistencia y el paso de corriente genera calor, en el interior de su ampolla de vidrio existe una atmósfera gaseosa de halógeno (Grupo VII en la tabla periódica) cuya función es evitar que el filamento incandescente se quemara (Bouschlicher y Rueggeberg, 2000).

Dentro de sus ventajas encontramos a su espectro de emisión de luz que es más próximo a la curva de absorción de la canforquinona y a pesar de no ser tan próxima a la curva de absorción de la Fenilpropanodiona, y próximo a la región de 400 a 450 nm, permitiendo también la sensibilización de este tipo de fotoiniciador (Hammesfahr *et al.*, 2002).

Asimismo es un aparato disponible ya bastante tiempo que ha sido probado a lo largo de los años, con un aumento de su potencia así como la disminución del tiempo necesario para la fotoactivación de las resinas (Salgado *et al.*, 2015).

Las desventajas de las lámparas de Luz Halógena son la emisión de un largo espectro de luz, desde infrarrojo a ultravioleta, siendo necesario un filtro para que apenas un pequeño porcentaje de ese espectro, útil para la activación de las resinas, sea transmitida (Salgado *et al.*, 2015).

Por causa de la gran cantidad de luz infrarroja es generado también mucho calor, por eso la necesidad de refrigeración del aparato (Hammesfahr *et al.*, 2002).

Así como la inadecuada intensidad de luz, que puede ser causada por fluctuación en el voltaje, deterioro del bulbo, reflector o filtro, contaminación del patrón de luz, o los efectos nocivos de los procedimientos de desinfección de la unidad (Miletic *et al.*, 2017).

Actualmente las lámparas halógenas están siendo reemplazados por la fuente de luz basada en diodos emisores de luz (LED) (Horning *et al.*, 2012).

Las lámparas de luz LED no presentan bulbo luminoso, en cambio utilizan tecnología basada en diodo emisión simétrica ordenada de luz azul en un rango que oscila entre 440 a 500nm (Salas y Lozano, 2014).

Las ventajas de la luz LED respecto a la luz halógena son que no existe generación de calor por el equipo y por lo tanto no se hace necesaria la refrigeración por aire, tienen un tiempo de vida prolongado, manifiestan la posibilidad de controlar el inicio y la intensidad de la luz de manera suave (Miletic *et al.*, 2017).

Actualmente existen lámparas de fotocurado que emiten una radiación cercana a la ultravioleta con longitudes de onda corta (Salas y Lozano, 2014).

En una investigación comparativa entre diferentes lámparas de fotocurado se concluye que la fuente de luz sí es determinante para la obtención de una adecuada polimerización (Silva *et al.*, 2011).

En la búsqueda de mejorar la eficiencia de la fotoactivación, nuevos aparatos vienen desarrollando, ya que como se sabe una polimerización adecuada depende principalmente de la intensidad de la fuente de luz, de la longitud de onda emitida y del tiempo de radiación (Rocha *et al.*, 2017).

En lugar de los filamentos usados en los bulbos de la luz halógena, uniones de semiconductores son utilizadas para generar luz, por ser resistentes a choques y vibraciones,

además de generar menor calor y consumir poca energía. Las LED producen luz con intensidad de onda de 400 a 500 nm (nanómetros), próximo a la banda de absorción de la canforquinona (Duna y Bush, 2002).

La primera generación de lámparas de fotocurado LED tenían un poder relativamente bajo y no funcionaban tan bien como una lámpara halógena en correcto, este tipo de lámparas tenía una intensidad de 150-350 mW/cm<sup>2</sup> y funcionaban sin ventilador. Las afirmaciones en publicidad que afirmaban que estos aparatos tenían “luz fría” y que “no había aumentos de temperatura” debido a estos aparatos fueron decepcionantes (Burtscher, 2007).

La segunda generación de LED's proveían un gran poder de salida, pero el rango espectral fue todavía limitado comparado con una lámpara halógena (Porto *et al.*, 2010).

El color de la luz emitida (longitud de onda) depende del tipo de semiconductor utilizado en la confección del LED. El espectro emitido coincide con una curva de absorción de la canforquinona, la eficiencia para fenilpropanodiona es limitado. Además es un dispositivo sólido, es menos frágil que los tubos de gas de laser o de los bulbos de luz halógena (Lutz, 1983).

Según los resultados de Horning *et al.* (2012) en una trabajo in Vitro, entre Lámparas de fotocurado LED de segunda y tercera generación, las de tercera generación promueven mayor grado de conversión y las resinas compuestas con un mayor tamaño de carga inorgánica presentan menor grado de conversión.

El grado de conversión (DC) se define como el grado (%) de monomeros polimerizables convertidos a polimeros siendo un parametro importante para medir el rendimiento de la polimerizacion.El DC se correlaciona con las propiedades fisicas de las resinas fotopolimerizables (Ikemura y Endo, 2010).



### **2.1.4 Espectro electromagnético**

El espectro electromagnético es muy diferente con el espectro visible, que incluye solo las frecuencias visibles a simple vista. El espectro electromagnético abarca frecuencias desde 0 hertz al infinito. El Hz corresponde a un ciclo por segundo, un hertz corresponde a una oscilación completa de los campos eléctricos y magnéticos por segundo (Duna y Bush, 2002).

Los subrangos se denominan visible, infrarrojo, ondas de radio o rayos X entre otros. Cada uno de ellos la radiación se emite y se detecta de una forma concreta. La luz visible se observa por su efecto en la retina del ojo humano, sin embargo para detectar las ondas de radio se necesita un equipo electrónico específico (Ecured, 2018).

La unidad de medida de la longitud de onda es el metro, la cual puede ser desde muy pequeña, se mide usando desde un nanómetro (nm) y angstrom hasta cientos de metros (Ecured, 2018).

Los máximos de amplitud se denominan crestas; los mínimos, valles (Castaños, 2016).

Con respecto a la a atenuación de la luz de las lámparas dentales, esta es más alta para las longitudes de onda inferiores (nm), tales como violeta (380-420 nm), en comparación con las longitudes de onda azules más altas (420 a 495 nm) necesarios para activar la canforquinona (CQ) (Rocha *et al.*, 2017).

### **2.1.4 Microdureza**

Microdureza se define como un método de medición de la indentación, la huella que marca el indentador de diamante de forma geométrica contra la superficie de un material a cargas o fuerzas programadas. Luego de la indentación, la muesca no sufre recuperación elástica una vez extraída de la fuerza (American Society of Testing Materials, 1999).

La máquina de prueba debe soportar al ejemplar y se debe controlar el movimiento del indentador en el espécimen bajo una fuerza de prueba preseleccionada (Nevarez, 2007).

Se debe tener una luz de microscopio óptico para seleccionar la ubicación de prueba deseada y medir el tamaño de la muesca o indentación producida, el plano de la superficie de la muestra de ensayo debe ser perpendicular al eje del indentador y a la dirección de la fuerza preseleccionada (American Society of Testing Materials, 1999).

El indentador Knoop deja una marca en forma romboidea, clara y ancha, mientras que el indentador Vicker marca un rombo con ángulos más obtusos (Salgado *et al.*, 2015).

El test de dureza Vicker utiliza cargas mayores a 120Kgf (kilogramos fuerza) comparada a la escala Rockwell. El amplio rango de carga permite a Vicker ser utilizado en cualquier material. Para determinar el tamaño de la indentación se utiliza la microscopía, ajustando la intensidad de iluminación y manualmente la apertura del diafragma del microscopio, visualizando así la huella (Nevarez, 2007).

Los valores Vickers o Knoop, que son valores de estrés, expresan kilogramos por milímetro cuadrado (Kg. /mm<sup>2</sup>). Los microdurómetros que cuentan con procesadores digitales, realizan la conversión automáticamente de unidades Filar a unidades Knoop o a unidades Vickers, evitando así errores (Salgado *et al.*, 2015).

Los cuatro ensayos de dureza por penetración más comunes son: El ensayo de dureza Rockwell, Knoop, Brinell y Vickers. En este ensayo se usan cargas relativamente altas, por lo que el empleo del ensayo de dureza Rockwell suele estar restringido a geometrías de muestras de mayor tamaño (Struers Ensuring certainty, 2018).

El cálculo del ensayo Rockwell (HR) consiste en medir la profundidad de una penetración causada por una bola de carburo de diamante o tungsteno (Ecured, 2018).

La dureza Knoop (HK) es una alternativa a los ensayos Vickers dentro del rango de evaluación de microdureza. Se utiliza básicamente para superar las fracturas en los materiales

quebradizos, y para facilitar los ensayos de dureza en las capas finas (American Society of Testing Materials, 1999).

El penetrador es un diamante piramidal asimétrico y la indentación se calcula midiendo ópticamente la longitud de la diagonal larga. Se usa para materiales duros y quebradizos, como la cerámica, porcelana y está especialmente indicado para áreas pequeñas y alargadas (Ecured, 2018).

Los análisis sugeridos para determinar las cualidades mecánicas que le van a otorgar longevidad a los composites están: el análisis a la fuerza tensil, resistencia al desgaste por abrasión, resistencia a la fatiga, resistencia a la degradación, resistencia termo cíclica y el análisis de la microdureza (Salgado *et al.*, 2015).

El ensayo de dureza Brinell se usa para muestras de mayor tamaño con una estructura de grano grande o irregular. El ensayo de dureza Brinell (HBW) deja una impresión parcialmente grande al utilizar la bola de carburo de tungsteno. El tamaño de la penetración se lee ópticamente (Struers Ensuring certainty, 2018).

Dureza Vickers es un ensayo para todos los materiales sólidos, incluyendo los materiales metálicos. El indentador ideal de Vickers es un diamante pulido de forma piramidal de punta cuadrada con ángulos  $136^\circ$  de cara (American Society of Testing Materials, 1999).

La dureza Vickers (HV) se calcula midiendo las longitudes diagonales causadas por una penetración realizada al introducir un penetrador piramidal de diamante con una carga concreta. El tamaño de las diagonales de la penetración se lee ópticamente a fin de determinar la dureza usando una tabla o fórmula (Phillips, 1998).

Este ensayo de dureza se utiliza para evaluar todos los materiales sólidos, antes de colocar el material de la muestra en la máquina de ensayo de microdureza se debe asegurar su correcto

preparado, el estado en que deberá encontrarse la superficie para el ensayo de dureza Vickers dependerá del tipo de carga utilizado; en un ensayo de macrodureza (cargas superiores a 1 kg), la superficie debería esmerilarse y en ensayos de microdureza (cargas inferiores o iguales a 1 kg), la superficie debería someterse a un pulido mecánico o eléctrico (Ecured, 2018).

Se ha encontrado que las pruebas de dureza son muy útiles para la evaluación de materiales, control de calidad de procesos de fabricación y trabajos de investigación (American Society of Testing Materials, 1999).

La dureza de los materiales de restauración dental a base de composites se encuentra íntimamente relacionado al nivel de polimerización en sus etapas de Inducción, propagación y transferencia en cadena (Randolph *et al.*, 2016).

Según Silva *et al.* (2011) un nivel de conversión elevado proporciona el material restaurador con mejores propiedades mecánicas, tales como: desgaste, dureza, resistencia a la compresión y cizallamiento.

Stansbury y Dickens (2001) afirman que los resultados de las evaluaciones del material que incluyen las pruebas de resistencia mecánica y dureza están ligados claramente a polimerización.

Los análisis oportunos para determinar las cualidades mecánicas que le otorgaran longevidad a los composites son: análisis a la fuerza tensil, resistencia al desgaste por abrasión, resistencia a la fatiga, resistencia a la degradación, resistencia termo cíclica y el análisis de la microdureza (Salgado *et al.*, 2015).

## **2.2 Antecedentes**

Derchi, Vano, Ceseracciu, Diaspro y Salerno (2018) en Italia, evaluaron tres resinas compuestas bulk fill (Mat1, Mat2, Mat3) curados por dos lámparas de poliwave (Poli1, Poli2) y una monowave (mono). Se usó espectroscopía infrarroja, nanoindentación y microscopía de

fuerza atómica para evaluar el grado de conversión (DC), la rigidez y la rugosidad después del pulido, respectivamente. Mat2 obtuvo el CD más alto con Poly1 y el segundo más alto con Mono, sin embargo, fue el menos rígido. Tanto Mat1 como Mat3 mostraron mayor DC con Poly2, mientras que Poly1 obtuvo mejores resultados que Mono. Mat3 obtuvo mejores resultados que Mat1 y fue el tercero más alto cuando se curó con Poly2. Para cada compuesto curado por diferentes lámparas, la rigidez se clasificó igual que la DC. Sin embargo, la rugosidad no se correlacionó con la dureza. El valor absoluto de la rigidez depende de la formulación compuesta. Las lámparas Polywave funcionan mejor que las monowave, pero no en todos los casos. Como Mat2 mostró mayor DC con Mono que con Poly2. Sin embargo, todas las lámparas garantizan un  $DC \geq 50\%$  pero no Mono para Mat1.

Gan, Yap, Cheong, Arista y Tan (2018) en Singapur compararon la eficacia de curado de resinas compuestas bulk fill utilizando LEDs polywave, MonoWave y luz halógena. Las resinas compuestas evaluados fueron Tetric N-Ceram Bulk fill (TNC) y Smart Dentin Replacement (SDR). Los bloques cilíndricos de resina fueron polimerizados de la siguiente manera: Bluephase N Polywave High(NH),  $1200 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (10 segundos); Bluephase N polywave Low (NL),  $650 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (18,5 segundos); Bluephase N polywave de arranque suave (NS),  $0-650 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (5 segundos) -  $1200 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (10 segundos); Bluephase N Monowave (NM),  $800 \text{ mW} / \text{cm}^2$  (15 segundos); QHL75 (QH),  $550 \text{ mW}/\text{cm}^2$ (21.8 segundos). La dureza Knoop se midió en superficie superior e inferior de los especímenes ( $n = 6$ ). Los datos de dureza y ratios de dureza de abajo hacia arriba se sometieron a análisis estadístico a un nivel de significación de 0,05. Para ambos compuestos bulk fill, las proporciones más altas de dureza se obtuvieron con NM y ratios de dureza más bajos con NL. Aunque no se observó diferencia significativa en las proporciones de

dureza entre curado luces/modos para TNC, la relación de dureza obtenida con NM fue significativamente mayor que la relación de dureza obtenida para NL para SDR.

Rocha (2017) en Brasil evaluaron el perfil del haz y la salida espectral de LEDs Monowave y polywave y su influencia en el grado de conversión (DC) en las resinas compuestas bulk fill. Una LED Monowave (Smartlite Focus, Dentsply) y una LED polywave (Valo inalámbrica, Ultradent). Dos resinas compuestas bulk fill, Sonic Fill 2 (SF) que contiene canforquinona (CQ) y Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEB) que contiene CQ asociado con fotoiniciadores alternativas, se colocaron en moldes de diseño personalizado ( $n = 3$ ) y fueron fotoactivados con LED Monowave o polywave con  $20 \text{ J/cm}^2$ . El DC se evaluó utilizando microscopía FT-NIR. La transmitancia de luz de SF y TEB a través de especímenes ( $n = 3$ ) de 4 mm de espesor, los cuales se evaluaron durante el curado. No hubo diferencias en los perfiles de curado producidos ya sea por el Monowave o polywave ( $p = 0.9$ ). Las LEDs Monowave y Polywave emiten haces de luz no homogéneas, pero esto no afectó a la homogeneidad de DC de resinas compuestas bulk fill. Para resinas compuestas que contienen CQ asociado con fotoiniciadores alternativas, LED polywave tenían un DC superior, pero sólo en la parte superior de la restauración; los fotoiniciadores con inferior longitud de onda de absorción fueron ineficaces en zonas más profundas.

Ramos *et al.* (2015) en la Universidad de Campiñas, Brasil evaluaron el efecto de los fotoiniciadores y los agentes reductores en la polimerización eficiente y la estabilidad del color de compuestos basados en resina usando LED con diferentes longitudes de onda. El modelo de las resinas fue asociado con difenil (2,4,6-óxido de trimetilbenzoil) fosfina (TPO), fenilbis (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina óxido (BAPO) o canforquinona (CQ) asociado con 2-(dimetilamino) etilo metacrilato (DMAEMA), 4-(dimetilamino) benzoato de etilo (EDMAB) o

4-(N, dimetilamino) alcohol fenetílico (DMPOH). Se usaron Led de estrecho espectro (Smartlite, Dentisply) y de amplio espectro (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent) para la fotoactivación (20J / cm<sup>2</sup>). La espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FT-IR) se usó para evaluar la eficiencia de curado para cada compuesto. En los resultados se encontró una mayor eficacia de curación para los fotoiniciadores de tipo I fotoactivados con una luz de amplio espectro, y para sistemas CQ con una luz de espectro de banda estrecha, excepto cuando se combina con una amina alifática (DMAEMA).

Price *et al.* (2014) en Canadá demostraron el efecto de la irradiancia localizada y la distribución espectral no homogénea de una LED basada en unidad de curado dental (LCU) en los valores de microdureza correspondientes en las superficies superior e inferior de cuatro compuestos a base de resina dental (RBC), que contenían canforquinona (CQ) sola o una combinación de CQ y óxido de mono acilfosfina (TPO) como fotoiniciadores. Los perfiles de haz de irradiación localizados en una LCU basada en LED poliwave se registraron cinco veces usando un analizador de haz láser, ya sea con y sin filtro de 400nm o 460nm colocado delante de la lente de la cámara. Cinco muestras de cada una de las cuatro RBCs (dos que contenían CQ / TPO y dos que contenían solo CQ) se expusieron durante 5, 10 o 30 s con la guía de luz sobre la superficie superior de los RBC. La irradiancia local y los valores de emisión espectral no se distribuyeron uniformemente en la punta de la luz. Las distribuciones localizadas del haz y del espectro a través del extremo de la punta de las guías de luz se correlacionaron intensamente con las correspondientes áreas de microdureza en las superficies superior e inferior entre cuatro RBC con diferentes fotoiniciadores. Una LCU con una salida de luz muy heterogénea puede afectar negativamente a la microdureza localizada de compuestos basados en resinas y esto puede ser un factor contribuyente para la falla prematura de una restauración.

Horning, Gomes, Mongruel, Tay y Dominguez (2012) en Colombia, evaluaron el grado de conversión de dos resinas compuestas en donde se utilizaron tres diferentes fotoactivadores LED. Se utilizaron treinta cuerpos de prueba de 5 mm de diámetro y 2 mm de espesor, confeccionados en resina compuesta FilteKTM P60 (3M ESPE) (n=15) y resina compuesta FilteKTM Z350 (3M ESPE), cada grupo fue dividido según la lámpara que fue utilizada para su activación, se evaluó el grado de conversión mediante espectroscopia FT-Raman (RFS 100/S, BrukerInc, Karsrue, Alemania) antes y después de la polimerización, en la parte superior del bloque cilíndrico irradiado (Top) y parte inferior del bloque (Base). Los valores de grado de conversión fueron evaluados con un nivel de significancia de 95%. Se observó mayor grado de conversión estadísticamente significativo de ambas resinas compuestas utilizando como fotopolimerizador la Ultra Lume LED (370-500nm). Entre las lámparas LED de segunda y tercera generación, las de tercera generación generan mayor grado de conversión.

Menees, Lin, Kojic, Burgess y Lawson (2016) en Alabama compararon la profundidad de curado (DOC) de dos resinas compuestas bulk fill (Tetric Evoceram Bulk Fill- Ivoclar Vivadent y Filtek Bulk Fill Bulk Posterior-3M ESPE) utilizando LED poliwave y moldes de dientes personalizados. El DOC se midió utilizando una LED monowave (Elipar S10-3M ESPE) y una LED poliwave (Bluephase G2- Ivoclar Vivadent). Se utilizaron moldes metálicos para fabricar muestras de DOC de 10 mm de largo (n = 10). Los moldes de dientes personalizados se fabricaron preparando agujeros de forma cuadrada (4 × 4 mm) de más de 10 mm en las superficies mesiales / distales de los molares humanos extraídos. La resina compuesta no curada se retiró del lado opuesto desde donde se irradió el diente y se seccionó el diente mesio-distalmente. La mitad de la longitud del compuesto curado restante se midió como el DOC según ISO 4049. Los datos se analizaron mediante ANOVA de tres vías (alfa = 0.05). El efecto



principal de la LCU no fue significativo ( $p = .58$ ). El efecto de interacción entre el material y el molde fue significativo ( $p = .0001$ ). El DOC de los materiales compuestos difería significativamente solo con el molde de acero inoxidable en el que Tetric Evoceram Bulk Fill mostró un DOC más profundo que Filtek Bulk Fill Posterior ( $4.03 \pm 0.14$  vs  $3.56 \pm 0.38$  mm,  $p < .0001$ ).

Santini, Miletic, Swift y Bradley (2012) en Edimburgo, determinaron el grado de conversión (DC) y microdureza Knoop (KHN) de materiales compuestos a base de resina (RBC) que contienen óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina (TPO) curados por LEDs poliwave (Bluephase® G2-Ivoclar Vivadent y Polywave Valo (Ultradent) y monowave (Bluephase®-Ivoclar Vivadent ; control). Tres grupos ( $n = 5$ ) de Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Vit-I-escence (Ultradent) y Herculite XR V Ultra (Kerr) se prepararon en moldes (5 mm de diámetro y 2 mm de espesor). DC y KHN se determinaron mediante espectroscopía micro-Raman y microdureza Knoop, respectivamente. La cromatografía líquida de alto rendimiento y la espectroscopia de resonancia magnética nuclear se utilizaron para confirmar la presencia o ausencia de TPO en los tres materiales sin curar. Los datos se analizaron por ANOVA bidireccional y unidireccional. DC y KHN se correlacionaron utilizando la correlación de Pearson ( $\alpha = 0,05$ ). TPO se confirmó en Tetric EvoCeram y Vit-I-escence pero no en Herculite XR V Ultra. Las LCU LED Polywave mejoraron la conversión de monómero a polímero y KHN en los dos RBC que contienen TPO, pero no en Herculite XR V Ultra. DC y KHN se correlacionaron linealmente en los tres RBC. El coeficiente de correlación de Pearson fue  $r=0,818$ . Vit-I-escence mostró la mayor DC y KHN de los tres materiales probados.

### **2.3 Justificación de la investigación**

Teórico: Los resultados de esta investigación permitirán aumentar la evidencia con respecto a la lámpara Poliwave. Ya que esta podría adaptarse mejor a la activación de los diferentes fotoiniciadores presentes en las resinas de alto valor, cementos, adhesivos y otros.

Metodológico: el conocimiento sobre la compatibilidad de la fuente de luz adecuada (lámpara) con las resinas que presentan diferente fotoiniciador, permitirá a los odontólogos lograr una adecuada polimerización. Y así hacer de las restauraciones más resistentes al envejecimiento y disminuir la necesidad de la sustitución.

Práctico: De esta manera se cubrirán las necesidades estéticas y harán de las restauraciones de resina un tratamiento más confiable y con un menor costo.

Social: Permitirá al odontólogo elegir una fuente de luz conveniente para lograr una adecuada polimerización de todas aquellas resinas claras o de alto valor.

### **2.4 Hipótesis**

Teniendo en cuenta las necesidades estéticas de los pacientes y el uso masivo de resinas compuestas claras o de alto valor. Es importante lograr una adecuada polimerización de las resinas, la cual se logra por medio del uso de fuentes de luz .La lámpara LED Poliwave,es una nueva fuente de luz presente en el mercado, el cual posee dos picos de emisión espectral, una azul (440-460nm) y otra violeta (400-410)por lo que podría adaptarse mejor a la activación de todos los fotoiniciadores, es decir, polimerizar cualquier tipo de material que usemos. Una de las formas como comprobar el proceso de polimerización es por medio de pruebas mecánicas, como la microdureza. Es por esta razón que se plantea la siguiente hipótesis.

La microdureza de la superficie inferior de los bloques de resinas compuestas de alto valor polimerizadas con la lámpara Poliwave será mayor que las polimerizadas con la lámpara Monowave.

### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Determinar la microdureza de la superficie inferior de bloques de resina compuesta de alto valor polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave, in vitro.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina IPS Empress Direct polimerizada con las lámparas poliwave y monowave.
- Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave.
- Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bleach M polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave.
- Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram A3 polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave.

## IV. Método

### 4.1.- Tipo de estudio

Por la naturaleza y análisis de los resultados: Experimental

Por la ocurrencia de los hechos: Transversal.

Por la secuencia de los hechos: Prospectivo

### 4.2.- Ámbito temporal y espacial

El proceso de la confección de los bloques de resina se realizó en el Laboratorio de Operatoria Dental, Universidad Nacional Federico Villarreal ubicado en la Calle San Marcos 351, Pueblo Libre el 12 Octubre del 2018 .

La prueba de microdureza se realizó en el Laboratorio High Technology Laboratory Certificate S.A.C ubicado en la Av. Lurigancho N° 1063, San Juan de Lurigancho el 13 de Octubre del 2018.

### 4.3 Población y muestra

Resinas nano híbridas con diferentes sistemas de fotoiniciación

El número de muestra es de 52 bloques de resinas, el cual fue determinado según la norma ISO 4049-1:2009, clausula 7.11.2.2 (Anexo 04). La muestra fue dividida en 12 grupos. 8 grupos de 5 especímenes más el grupo control de 03 especímenes por los 4 grupos restantes.

Unidad de análisis:

Un bloque de resina.

Los grupos estarán compuesta por las siguientes resinas compuestas:

Grupo I: IPS Empress Direct Bleach XL polimerizada con lámpara Poliwave.

Grupo II: IPS Empress Bleach XL polimerizada con lámpara Monowave.

Grupo III: Tetric N-Ceram Bleach M polimerizada con lámpara Poliwave.

Grupo IV: Tetric N-Ceram Bleach M polimerizada con lámpara Monowave.

Grupo V: Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con lámpara Poliwave.

Grupo VI: Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con lámpara Monowave.

Grupo VII: Tetric N-Ceram A3 polimerizada con lámpara Poliwave.

Grupo VIII: Tetric N-Ceram A3 polimerizada con lámpara Monowave.

Grupo control:

Grupo IX: IPS Empress Direct Bleach XL polimerizada con lámpara Control.

Grupo X: Tetric N-Ceram Bleach M polimerizada con lámpara Control.

Grupo XI: Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con lámpara Control.

Grupo XII: Tetric N-Ceram A3 polimerizada con lámpara Control.

### **Criterios de selección**

Resinas compuestas nano híbridas

Resinas compuestas de una misma marca comercial (Ivoclar Vivadent)

Resinas compuestas con diferentes sistemas de fotoiniciación.

Resinas compuestas de alto valor

### **4.4 Variables**

**VARIABLE INDEPENDIENTES:** Lámparas LEDs Monowave y Poliwave.

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Microdureza Vickers de las resinas compuestas de alto valor

VARIABLE	DEFINICION		INDICADO RES	ESCALA	VALOR
	CONCEPTU AL	DIMENSION			
Microdureza Vickers de las resinas compuestas de alto valor	Resistencia de las resinas compuestas a ser penetradas.	Superficie inferior de los bloques de resina	Huella en forma romboidal en el bloque de resina	Razón	(kg/mm <sup>2</sup> )

#### 4.5 Instrumentos

Durómetro digital Marca Micro Vickers Modelo HV-1000 con Identificación 8975 calibrado el 3-11-2017 (Ver Anexo 02)

Lámpara LED Monowave Bluephase N<sup>®</sup> MC (430-490 nm) Serie 1020007394 (Ivoclar Vivadent AG – Austria)

Lámpara LED Poliwave Bluephase N<sup>®</sup> 385-515nm Serie 1020002843 (Ivoclar Vivadent AG – Austria)

Lámpara Halógena Litex 680A Serie EB04407/2004 (Dentamerica - California)

Radiómetro Bluephase Meter II Serie 1300001746 (Ivoclar Vivadent AG – Austria)

Ficha de tabulación de los resultados de la microdureza Vickers (Ver Anexo 02)

#### 4.6 Procedimientos

Se realizó un estudio piloto con la finalidad de:

Verificar el correcto funcionamiento de la matriz de acero inoxidable

Verificar la calibración del durómetro.

Determinar el tiempo de preparación de los boques de resina.

Ensayar la secuencia de la preparación de los bloques de resina

Verificar que la luz ámbar no polimerice la resina durante el tiempo de trabajo

Verificar las condiciones del ambiente

### **Métodos para la recolección de datos:**

Observación directa de las resinas compuesta con diferentes sistemas de fotoiniciación

Se utilizara la técnica del ciego

### **Preparación de las lámparas dentales y radiómetro**

Se utilizó una lámpara LED Monowave Bluephase N<sup>®</sup> MC (430-490 nm) Serie 1020007394 (Ivoclar Vivadent AG – Austria), una lámpara LED Poliwave Bluephase N<sup>®</sup> 385-515nm Serie 1020002843 (Ivoclar Vivadent AG – Austria) y una lámpara Halógena Litex 680A Serie EB04407/2004 (Dentamerica - California). Cada lámpara fue previamente calibrada con un radiómetro Bluephase Meter II Serie 1300001746 (Ivoclar Vivadent AG – Austria) el cual midió la intensidad lumínica antes del uso de las lámparas. Se midió la intensidad tres veces en intervalos de 1 minuto y se obtuvo un promedio.(Anexo 08)

### **Condiciones del ambiente**

La preparación de los 52 bloques de resina se realizó en una sesión el día 12 de Octubre del 2018 de 2:00pm a 6:00pm. Se trabajó en un ambiente cerrado de 48m<sup>2</sup> a una temperatura de 23 +/-1 °C con ayuda de una estufa de interior eléctrica (Imaco-China). La temperatura del ambiente de trabajo fue medida con un termómetro N° 52J/K (Fluke- Alemán).

Por otro lado se tomó en cuenta los registros de Senamhi desde las 2:00pm a las 6:00pm del día 12 de Octubre y arrojaron una temperatura promedio de 18°C y una humedad relativa de 88% en el Distrito de Pueblo Libre (Anexo 09 ), distrito donde se realizó la preparación de los bloques de resina. El registro de la Humedad Relativa del ambiente y la temperatura se realizó según lo establecido por la norma ISO 4049 (Clausula 7.2 Condiciones de ensayo) (Ver anexo 04).



## **Preparación de los bloques de resina**

Las resinas a utilizarse fueron: IPS Empress Direct Bleach XL Dentin Lote X21582 con fecha de expiración 2022-02-23 de 3g.Tetric N-Ceram Bleach M Lote X20074 con fecha de expiración 2022-05-11 de 3.5g.Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW Lote W96969 con fecha de expiración 2022-01-12 de 3.5g.Tetric N-Ceram A3 Lote X16649 con fecha de expiración 2022-01-28 de 3.5g.

Una vez obtenidas las 4 resinas, se las mantuvo a una temperatura de 8° C (temperatura que indica el fabricante y a la cual la mantiene la empresa que nos proporcionó las resinas dentales).El transporte de las resinas se realizó cooler (Artesco-Perú) el cual fue previamente adecuado para mantener la temperatura de 8°C.

Al usar cada resina se eliminó la primera parte de la resina un aproximado de 0.8g de cada resina.

Para la obtención de los bloques de resina se confeccionó una caja de triplay en forma de prisma rectangular de base rectangular de 60x30.5cm y una altura de 34 cm. Con la cara de 60x34 abierta. La caja fue pintada de negro por dentro y por fuera

Se colocó dentro de la caja una extensión clásica blanca de 3 tomas (10 A - 250v , Epem - Perú) de 3 metros de cable.El tomacorriente dentro de la caja y el cable que salía por una pequeño agujero de la caja.Se forró la caja de tomacorriente de la extensión con una cinta eléctrica aislante de vinil Temflex 3M-Perú color negro.

La extensión se colocó con el fin de colocar un adaptador de corriente alterna de celular sobre la cual se colocó un Usb light de 5v-1.2w –China. El cual se forró con un pedazo de papel celofán ambar (Artesco-Perú) de 20x30cm ,el cual se hizo 4 dobleces y se forró la parte que emite luz del USBlight, de esta manera se contó con una iluminación ámbar que permitió trabajar dentro de la caja confeccionada.

Las muestras fueron preparadas en una matriz de acero inoxidable de la forma de dos poliedros en forma de L, que al unirse encajan y forman en el centro de la base un agujero de forma cilíndrica de 2 mm de longitud interno y 8 mm de diámetro interno. Dicho agujero fue donde se colocó la resina y fue diseñado para obtener los bloques de resina de las medidas del agujero. La matriz fue diseñada y mandada hacer para esta experimentación.

Para unir las 2 partes de la matriz se usó una prensa de hierro nodular para carpintería (Trupper de 3" - México). Se hizo coincidir las 2 partes de la matriz y se observó que el agujero esté listo para ser llenado con resina.

Una platina de vidrio de 10x10cm y de espesor de 0.5cm se forró con un Vinifan – Perú y cartulina negra (Escolar - Perú).

Dentro de la caja se colocó la extensión con el adaptador conectado y la luz led USB Light forrada con celofan ambar, izquierda del investigador se colocó la platina de vidrio ya forrada y sobre esta se colocó la matriz de acero inoxidable, previamente ya prensada. Sobre la base del orificio se colocó vinifan de 2x3cm para obtener una superficie lisa del bloque de resina. A la mano derecha del investigador dentro de la caja se colocó la balanza Cirex. La manipulación de la resina se realizó con guantes de nitrilo Pureshield-Malasia.

Se retiró un bloque de resina con una espátula de resina TNPF IW3 (Hu-Friedy- USA) se colocó este bloque de resina en la balanza Cirex, se registró el peso e inmediatamente se pasó el bloque de resina al orificio de la matriz de acero inoxidable ya preparada.

Se colocó otro vinifan de 2x3cm de 0.04 de espesor (esté para la superficie superior del bloque) y sobre el vinifan se colocó un portaobjetos de 0.96 cm de espesor. Sobre la cual se hizo presión digital.

Se colocó el portaobjeto para tener un punto de apoyo y hacer presión digital para obtener una superficie plana y paralela a la base.

La presión digital fue calibrada previamente, haciendo presión digital sobre el portaobjeto a usarse y una balanza digital (Gramera-China). Según sea la situación se eliminó el exceso con un lecrón (Hu-Friedy- USA).

### **Polimerización de los bloques de resina**

Una vez que de haber quitado el exceso según sea el caso, se colocó la punta de la fibra óptica de la lámpara sobre la lámina porta objeto. De tal manera que la base de la punta de la fibra óptica de la lámpara quede paralela a la lámina portaobjeto y se cree una distancia de 1mm de la base de la fibra óptica a la base de la lámpara. Se fotocuró según sea el caso del grupo seleccionado, ya sea con una lámparas LED Monowave **Bluephase N MC** (430-490 nm) , una Lámpara LED Poliwave **Bluephase N Ivoclar Vivadent** (385-515nm) y una Halógena **Litex 680A** Dentamerica Serie Nr. EB04407/ 2004 (Rolence Enterprise INC).

El tiempo de fotocurado (20 segundos) fue medida por un cronómetro digital (Ewttto-China)

La polimerización se realizó inmediatamente luego de haber terminado el llenado de la matriz con resina. La polimerización se realizó de manera individual.

Luego de los 20 segundos de polimerización se procedió a desmontar la prensa y separar la matriz para la obtención del bloque de resina.

Una vez obtenido el bloque de resina se volvió a pesar y se registró la medida.

### **Almacenamiento y codificación**

Se codificaron 52 bolsas herméticas con autocierre transparentes (Ziploc-China) de 6x4 cm con cada número asignado para cada muestra. Fueron agrupados en los grupos ya mencionados

en 8 envases blancos de forma cilíndrica de 7cm de altura y 4cm de diámetro (Solasky-Perú) que también fueron codificados con los datos de cada grupo.

Ya habiendo pesado el bloque de resina se colocó en la respectiva bolsa hermética codificada y así sucesivamente se fueron colocando cada bloque de resina obtenido.

Se almacenó los bloques de resina en sus respectivas bolsas y dentro del envase codificado en un taper de 40x25x20cm (Artesco-Peru) forrado con cartulina negra por 24 horas.

### **Prueba de Dureza**

Una vez culminado el tiempo de almacenamiento se procedió a realizar la prueba de dureza Vickers en el Laboratorio Mecalab S.A.C Av. Lurigancho N° 1063, San Juan de Lurigancho – Lima con colaboración del ingeniero mecánico Eusebio Teheran.

La forma como se inició la prueba de microdureza fue de forma aleatoria con ayuda de la aplicación Número Aleatorio UX. Aplicación en la que se registró cada uno de los 52 códigos de las 52 muestras en el comando de lista. Sin que los códigos se repitan (Ver Anexo 05).

Se inició la prueba de durometría el día 13 de Octubre a las 3pm.

El ingeniero inicio la prueba de dureza Vickers según las instrucciones y normas del Durómetro Digital marca MICRO VICKERS Modelo HV-1000 de Identificación 8975 con Fecha de Calibración (03-11-17) cuyo protocolo de prueba está acorde a la norma E-384 de la ASTM.

La prueba de microdureza se llevó a cabo en la superficie superior e inferior de cada bloque de resina. En cada muestra se realizaron tres indentaciones en puntos diferentes bajo una carga de 0.1 Kgf por 15 segundos

El valor de microdureza Vickers se determinó midiendo las diagonales de cada hendidura con un microscopio de 20x y que se registró en micras, este valor se trasladó a un software

proporcionado por el fabricante del durómetro, donde se obtuvo de manera directa el valor de microdureza Vickers de cada indentación expresada en  $\text{Kg/mm}^2$

Se tomaron fotografías de las indentaciones que se realizaron en las superficies de los bloques de resina, con la ayuda de un microscopio electrónico de 20x propio de la máquina de indentación para ensayos de dureza Vickers.

Los valores de la microdureza obtenidos fueron transcritos en el informe de ensayo emitida por HTL (High Technology Laboratory Certificate). (Ver Anexo 06)

#### **4.7 Consideraciones Éticas**

No existe conflicto de interés por los materiales utilizados.

Respeto de los derechos reservados de los autores de los artículos y textos citados según Norma APA 6° Edición y los lineamientos establecidos por la Universidad Federico Villarreal.

#### **4.8 Análisis de datos**

Se elaboró una base de datos en Excel v2010. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico STATA v15.0. Se describieron los datos a través de la media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo, se elaboraron gráficas de barras para los promedios con sus respectivas barras de error.

Para comparar las medias de microdureza entre las resinas se utilizó la prueba F a través del análisis de varianza (ANOVA), posterior al Anova se utilizó la prueba de Bonferroni para la contrastación de la hipótesis.

## V. Resultados

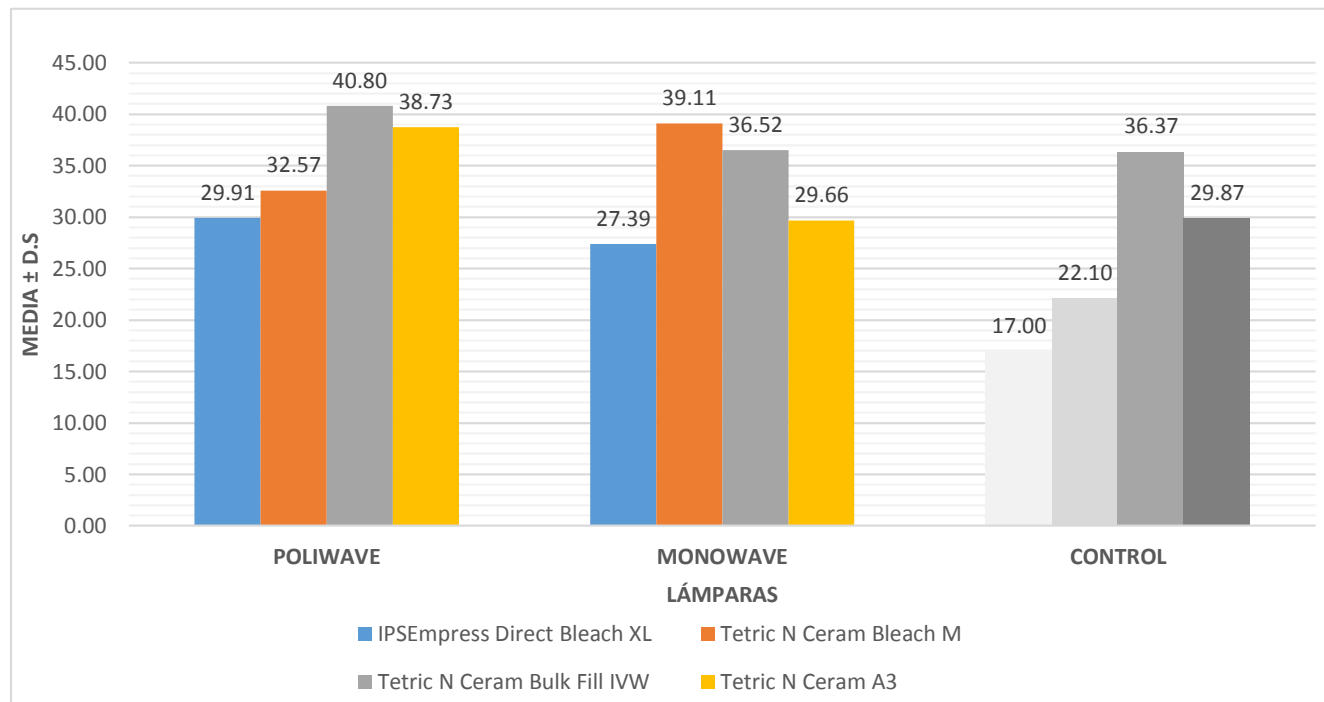
La presente investigación tuvo como fin determinar la microdureza de la superficie inferior de bloques de resina compuesta de alto valor polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave. Para ello se empleó 52 bloques de resina.

La variable dependiente estudiada fue la microdureza de la superficie inferior de bloques de resina compuesta de alto valor. Las 4 resinas utilizadas fueron (IPS Empress Direct Bleach XL, Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW, Tetric N-Ceram Bleach M y Tetric N-Ceram A3). La variable independiente estudiada fueron las lámparas LED Monowave **Bluephase N MC** Ivoclar Vivadent (430-490 nm), LED de Poliwave **Bluephase N** Ivoclar Vivadent (385-515nm) y una Halógena **Litex 680A** Dentamerica (Control), las cuales polimerizaran los bloques de resina. Se registró la microdureza de la superficie inferior de los bloques de resina de 8mm de diámetro y 2mm de espesor.

Tabla 1

*Microdureza Vickers de la superficie inferior de las 4 resinas polimerizadas con la lámpara LED Monowave y Poliwave*

RESINA	POLIWAVE		MONOWAVE		CONTROL	
	Media	D.S.	Media	D.S.	Media	D.S.
IPS Empress Direct Bleach XL	29.91	1.56	27.39	1.94	17.00	1.21
Tetric N-Ceram Bleach M	32.57	1.44	39.11	2.00	22.10	0.90
Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW	40.80	2.17	36.52	1.56	36.37	1.55
Tetric N-Ceram A3	38.73	0.52	29.66	1.78	29.87	1.15
PROMEDIO	35.50	4.75	33.17	5.20	26.33	7.78



*Figura I.* Microdureza Vickers de la superficie inferior de las 4 resinas polimerizadas con la lámpara LED Monowave y Poliwave.

La lámpara poliwave obtuvo mayores niveles de microdureza con las resinas IPS Empress Direct Bleach XL, Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW y Tetric N-Ceram A3 en comparación de los valores obtenidos con la lámpara Monowave y el control. Sin embargo la resina Tetric N-Ceram Bleach M alcanzó su mayor dureza con la lámpara monowave  $39.11 \pm 2$ . Al comparar las 3 lámparas se encontraron diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

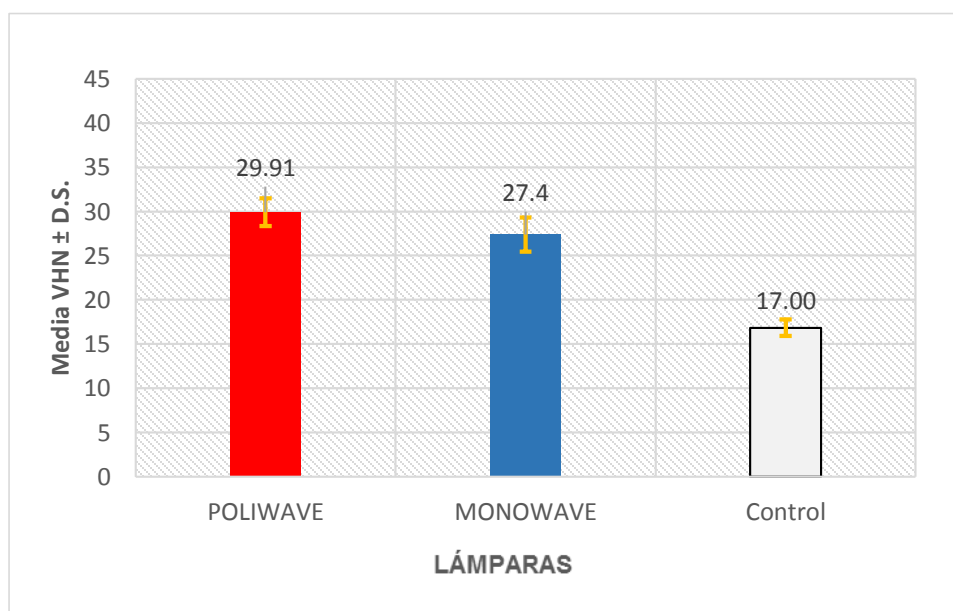
En cuanto a las resinas compuestas polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave, ANOVA mostró Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW era significativamente más duro en la superficie inferior cuando se polimerizaba con la lámpara Poliwave.

Tabla 2

*Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina IPS Empress Direct Bleach XL*

*polimerizada con la lámpara monowave y poliwave.*

MICRODUREZA VICKERS	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo	F	P
POLIWAVE	29.91	1.56	29.4	28.17	31.9		
MONOWAVE	27.39	1.94	26.9	25.43	30.1	59.31	0.000
Control	17.00	1.21	16.80	15.90	18.3		



*Figura II. Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina IPS Empress Direct Bleach XL polimerizada con la lámpara monowave y poliwave.*

Respecto a la microdureza de las resina compuesta IPS Empress Direct Bleach XL polimerizada con lámpara Poliwave, Monowave y el control, el menor promedio se observó cuando la resina es polimerizada con la lámpara Control con un promedio de  $16.84 \pm 0.93$ . El promedio más alto fue cuando la resina IPS Empress Direct Bleach XL se polimerizó con la



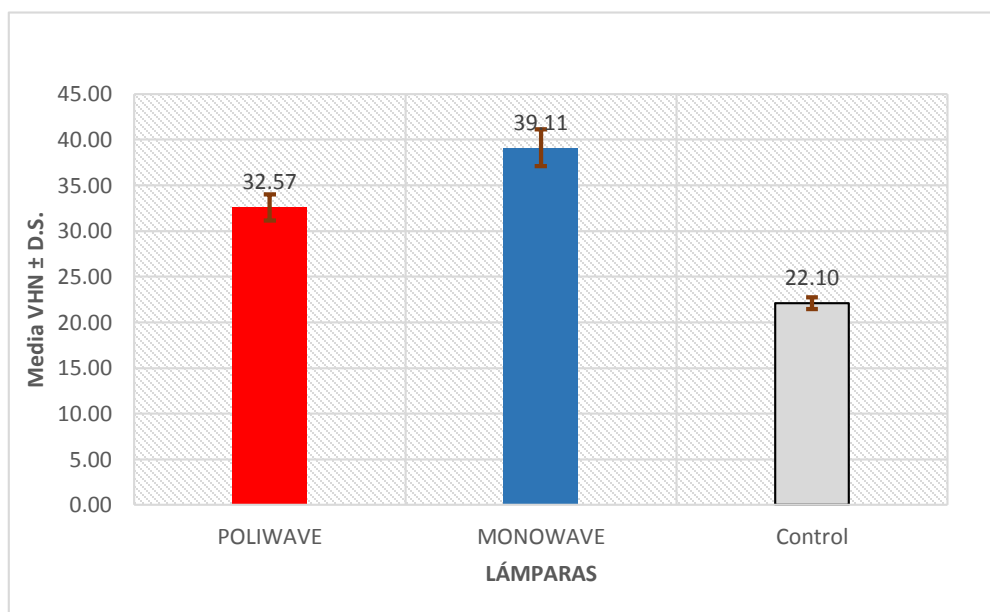
lámpara Poliwave con un valor de  $29.91 \pm 1.56$  y similar con la lámpara Monowave con el valor de  $27.4 \pm 1.94$ . Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

Al evaluar entre que lámparas existe diferencias significativas, se utilizó la prueba de Bonferroni y se encontró que las lámparas Poliwave y monowave son diferentes al Control ( $P < 0.05$ ), pero entre poliwave y monowave no hay diferencias significativas cuando se polimeriza la Resina IPS Empress Direct Bleach XL

Tabla 3

*Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N Ceram Bleach M polimerizada con las lámparas poliwave y monowave .*

MICRODUREZA VICKERS	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo	F	P
POLIWAVE	32.57	1.44	32.70	31.13	34.67		
MONOWAVE	39.11	2.00	38.2	36.97	41.90	104.56	0.00
Control	22.10	0.90	22.10	21.20	23.00		



*Figura III. Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bleach M polimerizada con las lámparas monowave y poliwave.*

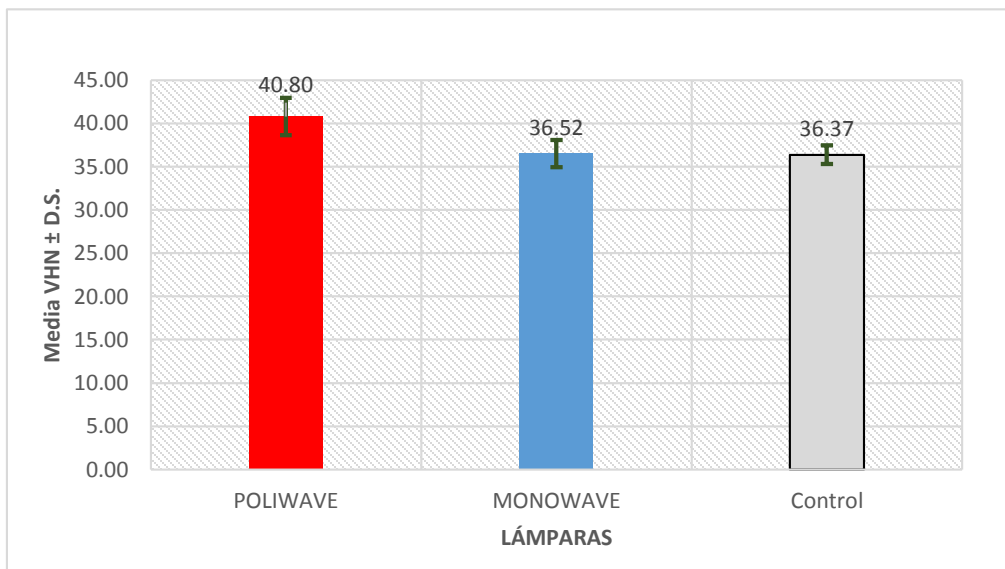
Respecto a la microdureza de las resina compuesta Tetric N-Ceram Bleach M polimerizada con lámpara Poliwave, Monowave y el control, el menor promedio se observó cuando la resina es polimerizada con la lámpara Control con un promedio de  $22.07 \pm 0.64$ . El promedio más alto fue cuando la resina Tetric N-Ceram Bleach M se polimerizó con la lámpara Monowave con un valor de  $39.11 \pm 2.01$ , similar con la lámpara Poliwave con el valor de  $32.57 \pm 1.43$ . Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

Al evaluar entre que lámparas existe diferencias significativas, se utilizó la prueba de Bonferroni y se encontró que existe diferencia significativa entre las tres (Poliwave, monowave y el control) cuando estas polimerizan la Resina Tetric N-Ceram Bleach M ( $P < 0.05$ ).

Tabla 4

*Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con las lámparas poliwave y monowave .*

MICRODUREZA VICKERS	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo	F	P
POLIWAVE	40.80	2.17	40.70	38.50	44.13		
MONOWAVE	36.52	1.56	37.10	34.17	38.20	8.66	0.007
Control	36.37	1.55	36.40	34.80	37.90		



*Figura IV.* Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con las lámparas monowave y poliwave.

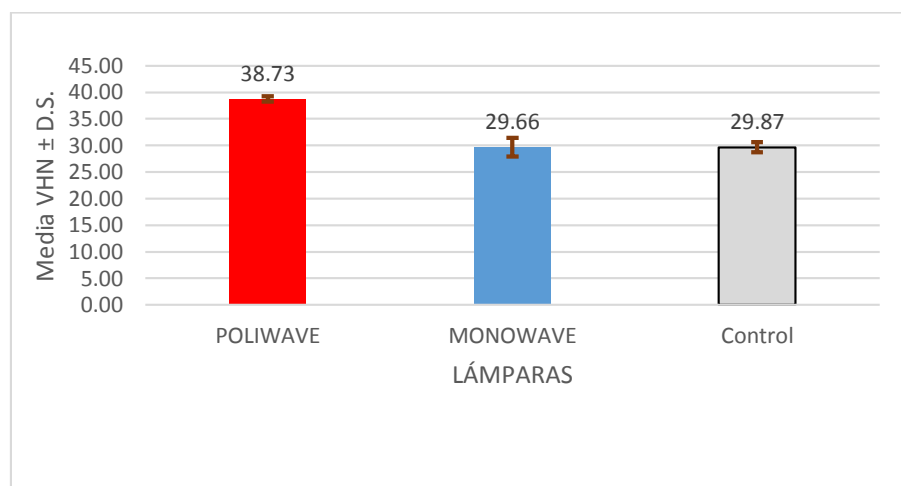
Respecto a la microdureza de las resina compuesta Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizada con lámpara Poliwave , Monowave y el control, el menor promedio se observó cuando la resina es polimerizada con la lámpara Control con un promedio de  $36.38 \pm 1.10$  similar con la lámpara Monowave con el valor de  $36.52 \pm 1.56$ . El promedio más alto fue cuando la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW se polimerizó con la lámpara Poliwave con un valor de  $40.80 \pm 2.17$ . Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

Al evaluar entre que lámparas existe diferencias significativas, se utilizó la prueba de Bonferroni y se encontró que las lámpara Poliwave es diferente a la Monowave y el Control ( $P < 0.05$ ), pero entre monowave y el control no hay diferencias significativas cuando se polimeriza la Resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW.

Tabla 5

*Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram A3 polimerizada con las lámparas poliwave y monowave.*

MICRODUREZA VICKERS	Media	D.S.	Mediana	Mínimo	Máximo	F	P
POLIWAVE	38.73	0.52	38.77	37.87	39.17		
MONOWAVE	29.66	1.78	30.17	26.67	31.40	75.74	0.000
Control	29.87	1.15	29.90	28.70	31.00		



*Figura V. Microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram A3 polimerizada con las lámparas poliwave y monowave.*

Respecto a la microdureza de las resina compuesta Tetric N-Ceram A3 polimerizada con lámpara Poliwave , Monowave y el control, el menor promedio se observó cuando la resina es polimerizada con la lámpara Control con un promedio de  $29.66 \pm 0.98$ , similar con la lámpara Monowave con el valor de  $29.66 \pm 1.78$ . El promedio más alto fue cuando la resina Tetric-N Ceram A3 se polimerizó con la lámpara Poliwave con un valor de  $38.73 \pm 0.52$ . Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

Al evaluar entre que lámparas existe diferencias significativas, se utilizó la prueba de Bonferroni y se encontró que las lámpara Poliwave es diferente a la Monowave y el Control ( $P < 0.05$ ), pero entre monowave y el control no hay diferencias significativas cuando se polimeriza la Resina Tetric N-Ceram A3.

## VI. Discusión

La hipótesis nula de este estudio fue rechazada ya que se encontraron diferencias significativas al comparar la microdureza de la superficie inferior de los bloques de resinas compuestas de alto valor polimerizadas con la lámpara Poliwave, Monowave y control ( $P < 0.05$ ). Se encontraron diferencias significativas entre la microdureza obtenida por la lámpara poliwave y monowave en al menos una resina de alto valor. No se encontraron trabajos de investigación en los que se evalúe la microdureza de resinas de alto valor polimerizadas con lámpara monowave y poliwave, pero si se evaluaron otras propiedades en resinas Bulk fill polimerizadas con poliwave y monowave.

Rocha *et al.* (2016) menciona que la LED poliwave polimerizaban mejor las resinas que contenían Canforquinona asociada con otros fotoiniciadores, pero solo en la superficie superior.

Por otro lado Derchi *et al.* (2018) uso espectroscopia infrarroja, nanoindentación y microscopia de fuerza atómica para evaluar el grado de conversión (DC), en donde la poliwave alcanzo mayores niveles de grado de conversión que la monowave, pero no en todos los casos. En ambos trabajos se obtuvo mejores resultados con la lámpara poliwave, sin embargo se usó otros indicadores que es el grado de conversión.

Según Ikemura y Endo (2010) el DC se correlaciona con las propiedades físicas de las resinas fotopolimerizables. Tal y como se muestra en el trabajo realizado por Santini *et al.* (2012) donde encontraron una correlación lineal positiva entre la microdureza Knoop y el grado de conversión, lo que contribuye en tener confiabilidad en el indicador de microdureza.

En todos los trabajos en donde se hicieron mediciones de microdureza en la superficie superior e inferior, se encontraron que la superficie superior muestra mayor dureza estadísticamente significativa que la superficie inferior.

Las cuatro resinas compuestas utilizadas para este estudio son nano híbridas con diferentes sistemas de fotoiniciación. La resina IPS Empress Direct Bleach XL posee el sistema PPD (Fenilpropadiona), Lucerin TPO y Canforquinona (CQ), Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW posee el sistema Ivocerin , Lucerin TPO y CQ, Tetric N-Ceram Bleach M posee Lucerin TPO y CQ y la resina compuesta Tetric N-Ceram A3 posee CQ. Cada uno de los fotoiniciadores presentes en el sistema poseen diferentes picos de absorción, Lucerin TPO posee un pico de absorción a 420 nm y la Fenilpropanodiona a los 410 nm. La canforquinona a 465nm.El fotoiniciador usado será efectivo siempre y cuando haya coincidencia entre el rango de longitudes de onda de la lámpara usada y la longitud de onda necesaria para activar el fotoiniciador.

El presente estudio, se estandarizan las condiciones y el tiempo de fotocurado para todos los grupos de muestras, utilizando las especificaciones de la norma ISO 4049 para la confección de moldes de acero descrita en el apartado 7.10.1.1.

La microdureza también se manifiesta diferente entre los grupos de las resinas compuestas al ser polimerizados con una fuente de luz distinta; por ejemplo la resina compuesta que Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW manifiesta valores altos de microdureza polimerizada con lámpara LED poliwave en comparación cuando es polimerizada con la lámpara LED monowave.Encontrándose diferencias significativas entre estas dos lámparas cuando polimerizan la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW.

En cuanto a las resinas compuestas polimerizadas con LED poliwave, ANOVA mostró que Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW era significativamente más duro en el fondo que Tetric N-Ceram A3, Tetric N-Ceram Bleach M y IPS Empress Direct Bleach XL ( $p < 0.05$ ).

De las 4 resinas utilizadas IPS Empress Direct Bleach XL obtuvo los niveles de microdureza más bajo con las tres Lámparas. Por lo que queda comprobado que las resinas color bleach, claras, translucidas tienen tendencia a polimerizar menos que las resinas oscuras.

La microdureza resulta un dato útil para diferenciar a una resina compuesta de a otra, pero existen otros análisis a tomar en cuenta para determinar las cualidades de una resina de acuerdo a otras propiedades mecánicas como por ejemplo la resistencia al desgaste, compresión, resistencia flexural, entre otros.

Se usó el término poliwave, para las lámparas LED de múltiple longitud de onda, tal y como lo mencionan en la página web de Ivoclar Vivadent.

Es necesario continuar analizando los sistemas de foto activación y foto iniciación del proceso de polimerización, ya que es un área de investigación muy amplia. Y de esta manera poder comprender como odontólogos el comportamiento físico químico de los materiales dentales.



## VII. Conclusiones

1. La lámpara poliwave obtuvo mayores niveles de microdureza con las resinas IPS Empress Direct Bleach XL, Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW y Tetric N-Ceram A3 en comparación de los valores obtenidos con la lámpara Monowave y el control. Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .
2. El promedio más alto cuando la resina IPEmpress Direct Bleach XL se polimerizó fue con la lámpara Poliwave. Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .
3. El promedio más alto fue cuando la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW se polimerizó con la lámpara Poliwave. Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .
4. El promedio más alto fue cuando la resina Tetric N-Ceram Bleach M se polimerizó con la lámpara Monowave. Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .
5. El promedio más alto fue cuando la resina Tetric N-Ceram A3 se polimerizó con la lámpara Poliwave. Al comparar las 3 lámparas se encontró diferencias significativas,  $P < 0.05$ .

### **VIII. Recomendaciones**

Realizar un trabajo de investigación para probar la polimerización de resinas de alto valor con la lámpara poliwave en distintos tiempos de polimerización, ya que en el presente estudio se fotocuró 20 segundos.

Realizar un estudio sobre la polimerización de distintas distancias de la base de punta de fibra óptica de la lámpara a la base del bloque de resina, ya que en el presente trabajo se realizó a una distancia de un milímetro. Y si consideramos las condiciones de la cavidad oral de nuestros pacientes; las irregularidades de la estructura dentaria, sobretodo en oclusal; la profundidad de la cavidad del diente (en caso de una restauración dental) y la apertura bucal de nuestros pacientes tenemos muchas dificultades de poder hacer llegar la punta de la fibra óptica al bloque de resina a polimerizar.

A las empresas productoras de resinas dentales mostrar dentro del data sheet de sus productos la cantidad y que fotoiniciadores están presentes en la resina dental. De esta manera aumentarían los estudios relacionados con la compatibilidad de las lámparas y fotoiniciadores presentes en las resinas que se ofrecen en el mercado y que son de uso común por los odontólogos. Muchas investigaciones formulaban sus propias resinas en un laboratorio y así tener datos cuantitativos de los componentes de la resina, datos a los que no se tiene acceso de las resinas ofrecidas en el mercado.

## IX. Referencias bibliográficas

- American Society of Testing Materials. (1999). *ASTM E384: Método de prueba estándar para la microindentación de la dureza de los materiales*. Recuperado de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E384-99.htm>
- Bouschlicher, M. y Rueggeberg, F. (2000). Effect of ramped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *Journal of Esthetic Dentistry*, 12(6), 329-339. doi: 10.1111 / j.1708-8240.2000.tb00242.x
- Burgees , J., Walter , R., Porche , C. y Rappold , A. (2002). Light Curing-And Update. *Compen Contin Educ Dent*, 23(10), 889-892. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12434615>
- Castaños, E. (Marzo de 2016). *Lidia con la Química*. Recuperado el Noviembre de 2018, de Lidia con la Química: <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/longitud-de-onda/>
- Cobb, D., Macgregor, K., Vargas, M. y Denehy G. (2000). The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. *The Journal of the American Dental Association*, 131(11), 1610-1615. doi: [doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0091](https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0091)
- Dauvillier, B. S., Aarnts, M. P. y Feilzer, A. J. (2000). Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. *Journal of Esthetic Dentistry*, 12(6), 291-299. doi: 10.1111 / j.1708-8240.2000.tb00238.x
- Joven Club de Computación. (2010-2018). *Ecured* [versión electrónica]. Cuba:MediaWiki, <https://www.ecured.cu/EcuRed>
- Fadul, J., Molina, C., Yañez, E. y Luna, L. (2008). Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED. *Universitas*

- Odontológica*, 27(59), 15-22. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2312/231218569002.pdf>
- Gan, J., Yap, A., Cheong, J., Arista, N. y Tan, C. (2018). Bulk-Fill Composites: Effectiveness of Cure With Poly- and Monowave Curing Lights and Modes. *Operative Dentistry*, 43(2), 136-143. doi: 10.2341/16-304-L
- Hammond, C. (2018, enero). Por qué tener los dientes blancos no significa necesariamente que estén sanos. *BBC Future*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-42497485>
- Horning, D., Gomes, J., Mongruel, O., Tay Chu, L. y Dominguez, J. (2012). Evaluación del grado de conversión de resinas compuestas después de foto activación con lámparas LED. *Revista Colombiana de Investigación en Odontología*, 3(9), 124-130. doi: [doi.org/10.25063/issn.2145-7735](https://doi.org/10.25063/issn.2145-7735)
- Ikemura, K. y Endo, T. (2010). A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dental Materials Journal*, 29(5), 481-501. doi:10.4012/dmj.2009-137
- Janda, R., Roulet, J.-F., Kaminsky, M., Steffin, G. y Latta, M. (2004). Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European Journal of Oral Sciences*, 112(3), 280-285. doi:10.1111 / j.1600-0722.2004.00125.x
- Lutz, F. y Phillips, R. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *Prosthet Dent*, 50(4), 480-488. doi:10.1016 / 0022-3913 (83) 90566-8
- Menees, T., Lin, C., Kojic, D., Burgess, J. y Lawson, N. (2016). Depth of cure of bulk fill composites with monowave and polywave curing lights. *Am J Dent.*, 28(6), 357-361. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4924346/>

- Miletic, V., Pongprueksa, P., De Munck, J., Brooks, N. y Van Meerbeek, B. (2017). Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clinical Oral Investigations*, 21(4), 1201-1212. doi:10.1007/s00784-016-1894-0
- Nevárez, A. (2007). *Microdureza de 3 tipos de composites fotopolimerizados con Luz Halogena y por Diodoemision de Luz*(Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada.
- Pereira, N. A. (2008). Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta odontológica venezolana*, 46(3), 381-392.
- Phillips, R. W. (1998). *Ciencia de los materiales dentales* (11 ed.). Mexico: McGraw - Hill Interamericana.
- Porto, I. C., Soares, L. E., Martin, A. A., Cavalli, V. y Liporoni, P. C. (2010). Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Odontología Restauradora*, 24(4), 475-481. doi: 10.1590/S1806-83242010000400017
- Price, R., Labrie, D., Rueggeberg, F., Braden, S., Kostylev, I. y Fahey, J. (2014). Correlation between the beam profile from a curinglight and the microhardness of four resins. *Dental Materials*, 30(12), 1345-1357. doi: 10.1016/j.dental.2014.10.001
- Oliveira, D. C., Rocha, M., Gatti, A., Correr, A., Ferracane, J. y Sinhoret, M. A. (2015). Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. *Journal of Dentistry*, 43(12), 1565-1572. doi:10.1016 / j.jdent.2015.08.015
- Organización Internacional de Normalización. (2000). *ISO 4049: Dentistry Polymer-based filling, restorative and luting materials*. Recuperado de <https://www.iso.org/home.html>

- Randolph, L. D., Steinhaus, J., Möginger, B., Gallez, B., Stansbury, J., Palin, W., . . . Leprince, J. (2016). Photopolymerization of highly filled dimethacrylate-based composites using Type I or Type II photoinitiators and varying co-monomer ratios. *Dental materials*, 32(2), 136-148. doi: 10.1016 / j.dental.2015.11.032
- Rocha, M. G., De Oliveira, D., Correa, I. C., Correr, L., Sinhoreti, M., Ferracane, J. y Correr, A. (2017). Light-emitting diode beam profile and spectral output influence on the degree of conversion of bulk fill composites. *Operative Dentistry*, 42(4), 418-427. doi:10.2341 / 16-164-L
- Salas, Y. y Lozano, F. (2014). Estudio in vitro de la microdureza superficial en Resinas compuestas de metacrilato y silorano. *Kiru*, 11(1), 69-73.
- Salgado, V. E., Borba, M. M., Cavalcante, L. M., De Moraes, R. R. y Schneider, L. F. (2015). Effect of photoinitiator combinations on hardness depth of cure and color of model resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), s41-s48. doi:10.1111/jerd.12146
- Santini, A., Miletic, V., Swift, M. y Bradley, M. (2012). Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *Journal of Dentistry*, 40 (7), 577-584. doi:10.1016 / j.jdent.2012.03.007
- Silva, E. H., Alburquerque, R. C., Lanza, L. D., Vieira, G. C., Peixoto, R. T., Alvim, H. H. y Yoshida, M. I. (2011). Influence of different light sources on the conversion of composite resins. *Indian Journal of Dental Research*, 22(6), 790-794. doi:10.4103 / 0.970-9.290,94670

Stansbury , J. y Dickens, S. (2001). Determination of double conversion in dental resins by near infrared spectroscopy. *Dental Materials*, 17(1), 71-79.

Stansbury, J. W. (2000). Curing dental resins and composites by photopolymerization. *Journal of Esthetic dentistry*, 12(6), 300-308.

Struers Ensuring certainty. (2018). *Ensayos de dureza* (144). Recuperado de <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Hardness-testing/Rockwell#>

**X. Anexos****Anexo 01: Ficha de recolección de Datos**

RESINA COMPUESTA	LÁMPARA	VHN SUPERFICIE			MEDIA ARITMÉTICA DE VHN ( $\bar{x}$ Ss)
		Ss1	Ss2	Ss2	
<b>IPS Empress Direct Bleach XL</b>	LED MONOWAVE				
<b>IPS Empress Direct Bleach XL</b>	LED POLIWAVE				
<b>Tetric N-Ceram Bleach M</b>	LED MONOWAVE				
<b>Tetric N-Ceram Bleach M</b>	LED POLIWAVE				
<b>Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW</b>	LED MONOWAVE				
<b>Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW</b>	LED POLIWAVE				
<b>TETRIC N-Ceram A3</b>	LED MONOWAVE				
<b>TETRIC N-Ceram A3</b>	LED POLIWAVE				
<b>IPS Empress Direct Bleach XL</b>	CONTROL				
<b>Tetric N-Ceram Bleach M</b>	CONTROL				
<b>Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW</b>	CONTROL				
<b>TETRIC N-Ceram A3</b>	CONTROL				



## Anexo 02: Ficha técnica de instrumento a utilizar


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MF - 2018 - 011**

Página 1 de 2

 Fecha de emisión: 2017-11-03  
 Expediente: LMC-2017-0200

- 1. SOLICITANTE** : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C  
 Dirección : Cal. Media Cuadra De La Avenida Naciones Unidas Mza. 35 Lote. 18 A.H.  
 Arriba Peru Canto Grande Lima - Lima - San Juan De Lurigancho.
- 2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : DUROMETRO DIGITAL  
 Marca : MICRO VICKERS  
 Modelo : HV-1000  
 Serie : No Indica  
 Identificación : 8975 (\*)  
 Procedencia : No Indica  
 Ubicación : No Indica  
 Fecha de Calibración : 2017-11-03

- 3. METODO DE CALIBRACIÓN:**  
 La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional.

- 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:**  
 LABORATORIOS MECALAB S.A.C.  
 Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,3	21,6
Humedad Relativa (%HR)	57	55

**6. PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón	Marca	Certificado de Calibración
DM-INACAL	Termohigrómetro	Delta Ohm	LT-263-2017 Mayo 2017
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	200 HV	HV L-6
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	413 HV	HV L-7
N.I.S.T.	Bloque patrón de dureza	744 HV	HV L-8

**7. OBSERVACIONES:**

- (\*) Identificación asignada por HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C., grabada en una etiqueta adherida al instrumento.
- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".


 Ing. Jorge J. Padilla Dueñas  
 Gerente de Metrología

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE L. MECALAB S.A.C.

 Av. Lurigancho N° 1063 Urb. Horizonte de Zárate San Juan de Lurigancho, Lima - Perú  
 Telf.: (51-1) 253-9166 Cel.: 934857935  
 www.inmelab.pe / E-mail: ventas@inmelab.pe

**8. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:****ERROR DE INDICACIÓN**

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,8	Final	20,6

Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)	Incertidumbre (HV)
200,0	200,1	-0,1	0,15
413,0	412,5	0,5	0,15
744,0	744,3	-0,3	0,15

**ERROR DE REPETIBILIDAD**

Condiciones Ambientales			
Inicial	20,5	Final	20,3

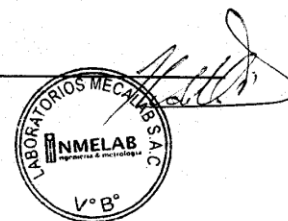
Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)
744,0	744,5	-0,5
744,0	744,3	-0,3
744,0	744,0	0,0
744,0	744,2	-0,2
744,0	744,3	-0,3

Error de repetibilidad: 0,50 HV  
 Incertidumbre: 0,15 HV

**9. CONCLUSIONES:**

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo se encuentra **calibrado** debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.

FIN DEL DOCUMENTO



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE L. MECALAB S.A.C.

**Av. Lurigancho N° 1063 Urb. Horizonte de Zárate San Juan de Lurigancho, Lima - Perú**  
**Telf.: (51-1) 253-9166 Cel.: 934857935**  
**www.inmelab.pe / E-mail: ventas@inmelab.pe**

### Anexo 03: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
¿Cuál es la diferencia de la polimerización con las lámparas poliwave y monowave en la microdureza de la superficie inferior de las resinas compuestas de alto valor?	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la microdureza de la superficie inferior de bloques de resina compuesta de alto valor polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave, in vitro.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina IPS Empress Direct polimerizada con las lámparas poliwave y monowave. Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave. Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram Bleach M polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave. Evaluar la microdureza de la superficie inferior de bloques de la resina Tetric N-Ceram A3 polimerizadas con las lámparas poliwave y monowave.</p>	La microdureza de la superficie inferior de los bloques de resinas compuestas de alto valor polimerizadas con la lámpara Poliwave será mayor que las polimerizadas con la lámpara Monowave.	<p><b>V. INDEPENDIENTE:</b> Lámparas LEDs Monowave y Poliwave.</p> <p><b>V. DEPENDIENTE:</b> Microdureza Vickers de las resinas compuestas de alto valor</p>	<p><b>Experimental:</b> Por la naturaleza y análisis de los resultados.</p> <p><b>Transversal:</b> Por la ocurrencia de los hechos.</p> <p><b>Prospectivo:</b> Por la secuencia de los hechos.</p>	Se elaboró una base de datos en Excel v2010. Se utilizó el programa estadístico STATA v15.0. Se describieron los datos a través de la media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo. Para comparar las medias de microdureza entre las resinas se utilizó la prueba F a través del análisis de varianza (ANOVA), posterior al Anova se utilizó la prueba de Bonferroni para la contrastación de la hipótesis.

## Anexo 04: ISO 4049:2000

---

**INTERNATIONAL  
STANDARD**

**ISO  
4049**

Third edition  
2000-07-15

---

**Dentistry — Polymer-based filling,  
restorative and luting materials**

*Art dentaire — Produits d'obturation, de restauration et de scellement à  
base de polymères*



Licensed to  
ISO Store of  
Geneva, 1001  
Downloaded: 2009-02-11  
12:12:12

Reference number  
ISO 4049:2000(E)

© ISO 2000

**Anexo 05: Lista aleatoria de los códigos de la muestras.**

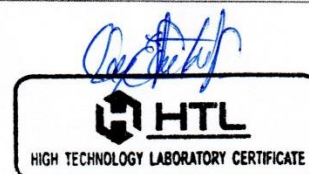
ORDEN	MUESTRA
1	901J
2	901I
3	901K
4	903K
5	903I
6	903J
7	501E
8	502E
9	801H
10	505E
11	105 <sup>a</sup>
12	504E
13	904J
14	103 <sup>a</sup>
15	102 <sup>a</sup>
16	805H
17	904I
18	503E
19	803H
20	802H
21	904K
22	301C
23	101 <sup>a</sup>
24	302C
25	804H
26	104 <sup>a</sup>
27	305C
28	303C
29	603F
30	304C
31	902K
32	605F
33	902I
34	701G
35	604F
36	602F
37	405D
38	902J
39	703G
40	702G
41	601F
42	202B
43	402D
44	404D
45	403D
46	401D
47	205B
48	704G
49	201B
50	204B
51	705G
52	203B

## Anexo 06: Informe de los ensayos de microdureza Vickers



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES.  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES.




INFORME DE ENSAYO N°		IE-117-2018	EDICION N° 1	Página 1 de 5
<b>ENSAYO DE DUREZA MICROVICKERS EN RESINA COMPUESTA</b>				
<b>TESIS</b>	<b>“EFECTO DEL USO DE LA LÁMPARA LED DE MÚLTIPLE LONGITUD DE ONDA EN LA MICRODUREZA DE RESINAS COMPUESTAS”</b>			
<b>DATOS DEL SOLITANTE</b>				
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Luz Auria Roque Sosa			
<b>DNI</b>	72768898			
<b>DIRECCIÓN</b>	Mz. P1 Lt 4 Calle Jhonny Whatson Urb. Antonia Moreno de Cáceres			
<b>DISTRITO</b>	Ventanilla - Callao			
<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>				
<b>INSTRUMENTO</b>	Microdurómetro Vickers – Marca LG – HV-1000			
<b>APROXIMACIÓN</b>	1 µm - 40X			
<b>RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>				
<b>FECHA DE INGRESO</b>	13	Octubre	2018	
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	Jr. Las Sensitivas Mz D Lt 6 Urb. Los jardines SJL			
<b>CANTIDAD</b>	9 Grupos			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Muestras cilíndricas de resina			
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	Grupo 1	GRUPO A: IPSEmpress Direct Dentina Bleach XL – LED Poliwave		
	Grupo 2	GRUPO B : Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW – LED Poliwave		
	Grupo 3	GRUPO C : Tetric N-Ceram Bleach M– LED Poliwave		
	Grupo 4	GRUPO D : Tetric N-Ceram A3 – LED Poliwave		
	Grupo 5	GRUPO E : IPSEmpress Direct Dentina Bleach XL– LED Monowave		
	Grupo 6	GRUPO F : Tetric N-Ceram Bulk Fill IVW– LED Monowave		
	Grupo 7	GRUPO G : Tetric N-Ceram Bleach M– LED Monowave		
	Grupo 8	GRUPO H : Tetric N-Ceram A3– LED Monowave		
	Grupo 9	GRUPO I : Resinas– QTH (Halógena)		
<b>REPORTE DE RESULTADOS</b>				
<b>FECHA DE EMISION DE INFORME</b>	23	Octubre	2018	







- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES.  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES.

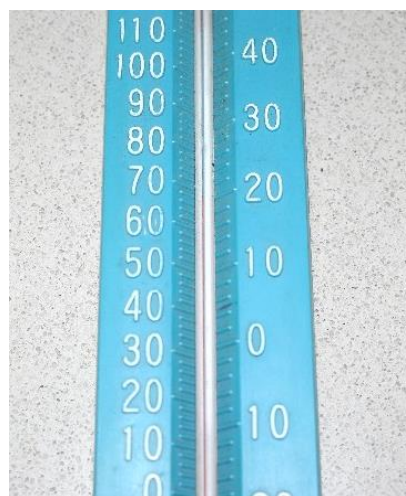
<b>INFORME DE ENSAYO N°</b>	<b>IE-0117-2018</b>	<b>EDICION N° 1</b>	<b>Página 5 de 5</b>
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>tiempo 15 Segundos</li> </ul>			
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>			
TEMPERATURA : 20 °C HUMEDAD RELATIVA : 72 %			
<b>VALIDEZ DE INFORME</b>			
VÁLIDO SOLO PARA LA MUESTRA Y CONDICIONES INDICADAS EN EL INFORME			
  HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE	
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN			
ING. MECANICO			
LABORATORIO HTL CERTIFICATE			

  
-----  
**ROBERT NICK  
EUSEBIO TEHERAN  
INGENIERO MECANICO  
Reg. CIP N° 193384**

## Anexo 07: Fotos de la experimentación

### 1. Preparación del ambiente de trabajo

La temperatura del lugar de trabajo fue regulada con una estufa interior eléctrica y medida con un termómetro para llegar a los  $23^{\circ}\text{C} \pm 1$ . Debido a que la temperatura ambiente promedio de ese día fue  $18^{\circ}\text{C}$ .



La manipulación de las resinas se realizó dentro de la caja negra iluminada con una luz amarilla





## 2. Preparación de las lámparas dentales y radiómetro

Las lámparas usadas fueron LED Monowave **Bluephase N MC** Ivoclar Vivadent (430-490 nm), LED Poliwave **Bluephase N** Ivoclar Vivadent (385-515nm) y una Halógena **Litex 680A** Dentamerica (Control) en el mismo orden que se muestra en la imagen.



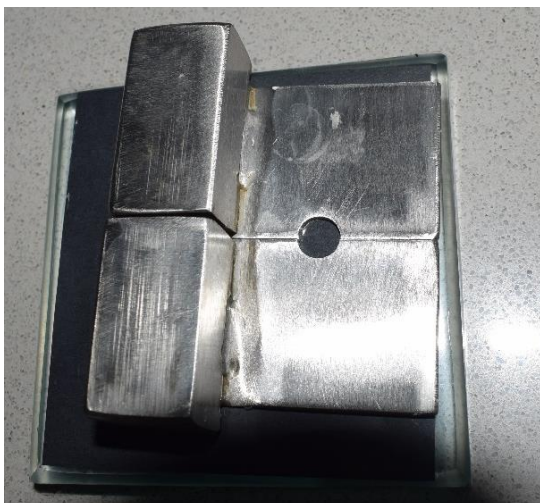
Se midió de la intensidad de luz con un Radiómetro Bluephase Meter II Serie 1300001746 (Ivoclar Vivadent AG – Austria) previo uso





### 3. Preparación de los bloques de resina

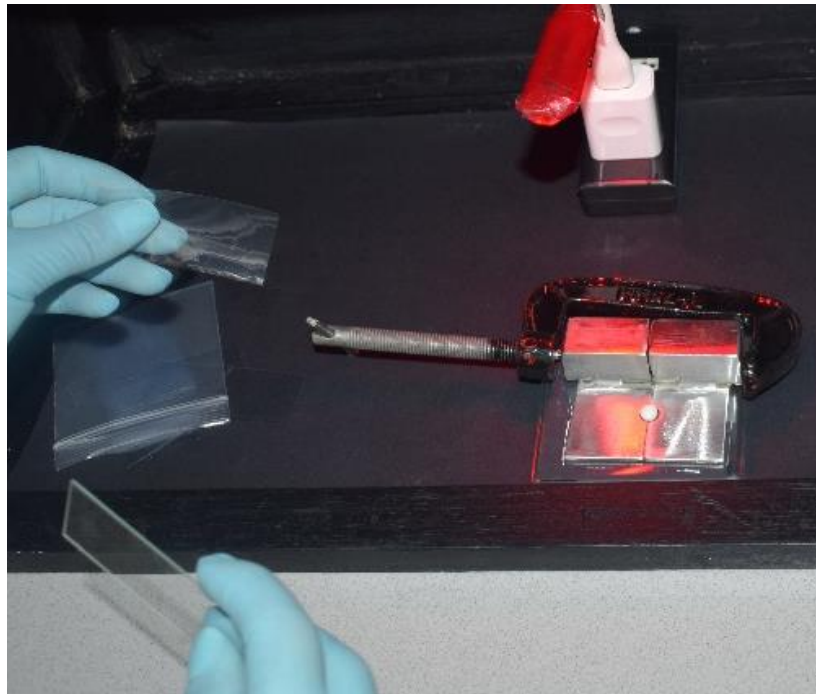
Se usó una matriz de acero inoxidable, la cual se aseguró con ayuda de una prensa. Debajo de la matriz prensada se colocó una lámina de Vinifan y debajo de esta la platina de vidrio forrada con papel negro y Vinifan.



Se colocó la resina en el agujero confeccionado de la matriz de acero inoxidable



Una vez ,el bloque de resina en la matriz, se colocó otra lamina de Vinifan y sobre esta una lamina porta objeto.



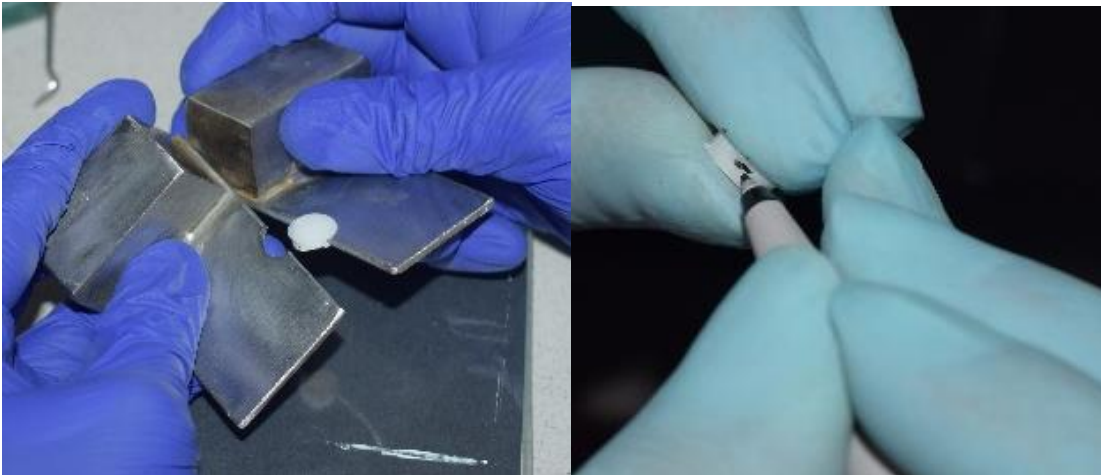
#### 4. Polimerización de los bloques de resina

Durante 20 segundos, cronometrados por un cronometro digital Ewwto

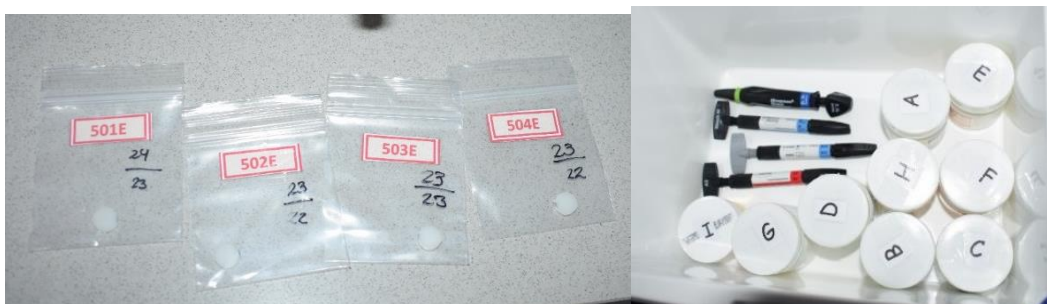


#### 5. Almacenamiento y codificación

Se realizó una marca para diferenciar la superficie superior e inferior de cada bloque de resina. Asimismo, se embolso cada bloque según el grupo al que pertenecían

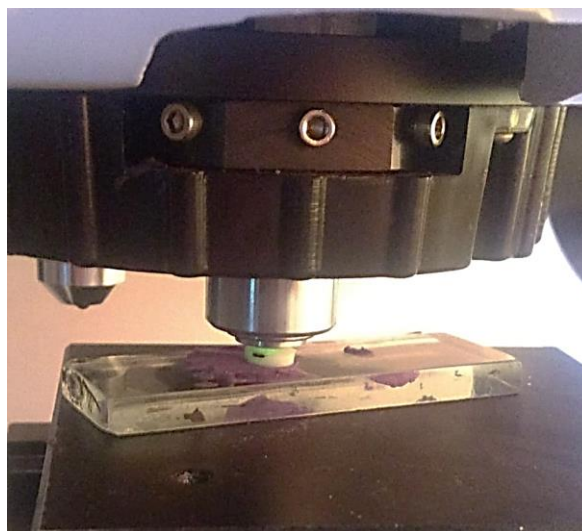




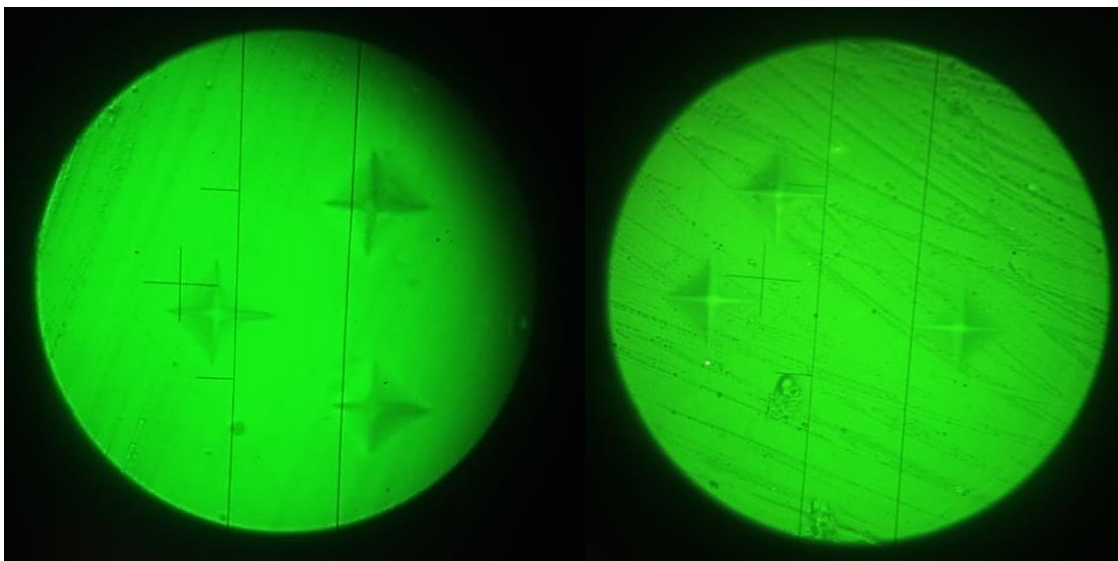


## 6. Prueba de dureza

La prueba de microdureza se realizó a una carga de 100g por 15 segundos



Imágenes de las tres indentaciones del durómetro sobre la superficie del bloque de resina



### **Anexo 08: Intensidad de luz de las lámparas usadas**

Cada lámpara fue previamente calibrada con un radiómetro Bluephase Meter II Serie 1300001746 (Ivoclar Vivadent AG – Austria) el cual midió la intensidad lumínica antes del uso de las lámparas. Se midió la intensidad tres veces en intervalos de 1 minuto y se obtuvieron los siguientes promedios.

<b>LÁMPARAS INTENSIDAD DE LUZ (mW/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>BLUEPHASE N MC (430-490 nm)</b>	<b>BLUEPHASE N (385-515nm)</b>	<b>LITEX 680A</b>
1	750	1180	460
2	780	1200	440
3	810	1220	450
<b>PROMEDIO</b>	780	1200	450

### Anexo 09: Temperatura y Humedad Relativa registrado por SENAMHI

Datos registrados por Senamhi el día 12 de Octubre del 2018 de las 14:00 y 18:00 horas



CÓDIGO	FECHA REG	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA
112270	12/10/2018	14:00:00	19.5 °C	80%
112270	12/10/2018	15:00:00	18.5 °C	85%
112270	12/10/2018	16:00:00	17.8 °C	88%
112270	12/10/2018	17:00:00	17.3 °C	91.40%
112270	12/10/2018	18:00:00	16.9 °C	94.70%

Datos registrados por Senamhi el día 13 de Octubre del 2018 de las 14:00 y 18:00 horas en el distrito de San Juan de Lurigancho, lugar donde se realizaron las pruebas de durometría



CÓDIGO	FECHA REG	HORA	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA
112267	13/10/2018	14:00:00	19.73°C	66.77%
112267	13/10/2018	15:00:00	19.38°C	68.89%
112267	13/10/2018	16:00:00	19.35°C	68.8%
112267	13/10/2018	17:00:00	18.22°C	75.51%
112267	13/10/2018	18:00:00	17.38°C	79.16%