



Universidad de Granada

**MICRODUREZA DE TRES
TIPOS DE COMPOSITE
FOTOPOLIMERIZADOS CON
LUZ HALÓGENA Y POR
DIOEMISIÓN DE LUZ**

Autor:

ALFREDO NEVÁREZ RASCÓN

Directores:

DR. SANTIAGO GONZÁLEZ LÓPEZ

DRA. LAURA CEBALLOS GARCÍA

DR. ERASMO ORRANTIA BORUNDA

GRANADA, 2007

SANTIAGO GONZÁLEZ LÓPEZ, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

CERTIFICA:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: **“MICRODUREZA DE TRES TIPOS DE COMPOSITE FOTOPOLIMERIZADOS CON LUZ HALÓGENA Y POR DIODOEMISIÓN DE LUZ”** presentada por **D. Alfredo Nevárez Rascón**, han sido realizados bajo mi supervisión y dirección, reuniendo las condiciones académicas necesarias para su presentación y optar al Grado de Doctor.

Y para que así conste donde proceda, firmo la presente en Granada, a catorce de febrero de dos mil siete.



Fdo.: Prof. Santiago González López

LAURA CEBALLOS GARCÍA, PROFESORA CONTRATADA DOCTOR DEL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS DE MADRID

CERTIFICA:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: **“MICRODUREZA DE TRES TIPOS DE COMPOSITE FOTOPOLIMERIZADOS CON LUZ HALÓGENA Y POR DIODOEMISIÓN DE LUZ”** presentada por **D. Alfredo Nevárez Rascón**, han sido realizados bajo mi supervisión y dirección, reuniendo las condiciones académicas necesarias para su presentación y optar al Grado de Doctor.

Y para que así conste donde proceda, firmo la presente en Granada, a catorce de febrero de dos mil siete.

Fdo.: Profa. Laura Ceballos García

ERASMO ORRANTIA BORUNDA, PROFESOR RESPONSABLE DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, MÉXICO

CERTIFICA:

Que los trabajos efectuados en la elaboración de la Tesis Doctoral titulada: **“MICRODUREZA DE TRES TIPOS DE COMPOSITE FOTOPOLIMERIZADOS CON LUZ HALÓGENA Y POR DIODOEMISIÓN DE LUZ”** presentada por **D. Alfredo Nevárez Rascón**, han sido realizados bajo mi supervisión y dirección, reuniendo las condiciones académicas necesarias para su presentación y optar al Grado de Doctor.

Y para que así conste donde proceda, firmo la presente en Granada, a catorce de febrero de dos mil siete.



Fdo.: Prof. Erasmo Orrantia Borunda

AGRADECIMIENTOS

A mi familia completa

Al Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua México
CIMAV

Por su colaboración a:

Hilda E. Esparza Ponce
Arturo Hernández Gutiérrez.
Mario Makita Aguilar
Daniel Lardizábal. G.
Enrique Navarro Mendoza
Io Maura Medina Nevárez

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. RESUMEN.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. HIPÓTESIS.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	7
2.1. INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LOS COMPOSITES EN LA MICRODUREZA....	9
2.2. MATRIZ INORGÁNICA DE RELLENO Y MICRODUREZA.....	13
2.3. CINÉTICA DE POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA	14
2.4. RITMO DE POLIMERIZACIÓN	16
2.5. FUENTES LUMINOSAS DE POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA	17
2.6. FOTOPOLIMERIZACIÓN POR DIODOEMISIÓN DE LUZ RESPECTO A LUZ HALÓGENA	21
2.7. INFLUENCIA DEL NIVEL DE CONVERSIÓN SOBRE LA MICRODUREZA DE LOS COMPOSITES DENTALES.....	23
2.8. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA MICRODUREZA DE LOS COMPOSITES	24
2.9. INFLUENCIA DE LA ABSORCIÓN DE AGUA SOBRE LA MICRODUREZA	25
2.10. PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA	27
2.11. DUROMETRÍA	28
2.12. OTROS TIPOS DE ANÁLISIS A COMPOSITES DENTALES	31
2.13. INVESTIGACIONES RECIENTES RELACIONADAS A SISTEMAS LED	32
3. MATERIAL Y MÉTODOS	35
3.1. MATERIAL.....	37
3.2. MÉTODOS.....	40
4. RESULTADOS.....	51
4.1. RESULTADOS DE LA DUROMETRÍA	53
4.2. RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	116
4.3. RESULTADOS DE LA TERMOGRAVIMETRÍA.....	118
4.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOMECAÁNICO	120
5. DISCUSIÓN.....	123
6. CONCLUSIONES	133
7. BIBLIOGRAFÍA.....	137
8. ANEXOS.....	149

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1. RESUMEN.

Investigaciones previas han informado de cambios en la microdureza de los composites relacionados con su composición y con las características de la fotoiniciación efectuada. Con el objetivo de evaluar la influencia de dos tipos de fotoiniciación (Halógena y LED) a alta y baja intensidad sobre la microdureza, se han fotopolimerizado muestras de tres diferentes composites utilizados como materiales de restauración dental, con cuatro diferentes lámparas en moldes de acero inoxidable. La microdureza fue evaluada a 1, 7 y 30 días. Todas las variables independientes evaluadas (lámpara, composite, sitio, tiempo y profundidad), así como sus interacciones, influyen estadísticamente en la microdureza ($p < 0.0001$).

Al comparar los resultados obtenidos con las distintas lámparas, las diferencias se manifiestan estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). De tal forma que los valores obtenidos por la lámpara halógena de alta intensidad son estadísticamente superiores a los obtenidos con las lámparas LED de alta y baja intensidad, que son similares entre ellas. En cuanto a las resinas compuestas utilizadas, la prueba estadística ANOVA muestra diferencias significativas entre ellas ($p < 0.0001$) (Quixfil>Filtek 250>Point 4).

1.2. JUSTIFICACIÓN.

La luz emitida para la fotopolimerización de los composites se aplica a través de la superficie de un composite, de modo que conforme se incrementa la profundidad se atenúa el estímulo responsable de iniciar el proceso de polimerización, esto repercute en las propiedades físicas del composite.

Mediante análisis de la microdureza a diferentes profundidades es posible observar la profundidad de curado de los composites (Filtek Z250-3M, Point 4 Kerr, Quixfil Dentsply) ante la exposición a diferentes fuentes y potencias de luz.

1.3. HIPÓTESIS.

Los composites han experimentado importantes cambios relacionados en sus propiedades físicas y durabilidad, estos cambio guardan una estrecha relación con su composición química y las condiciones en las que hayan sido manipulados. Se pueden realizar diferentes tipos de análisis para determinar las propiedades de los composites, los análisis de durometría en particular resultan de gran utilidad para identificar y diferenciar unos composites de otros, o una fuente de fotopolimerizado de otra, tomando como referencia los valores de microdureza. Al realizar análisis sobre la profundidad de la polimerización, se puede comprobar si el tiempo transcurrido desde la fotoiniciación hasta la durometría, así como el espesor de los composites fotocurados son determinantes en la microdureza resultante.

La hipótesis nula de este trabajo es que la fotoiniciación de tres composites comerciales con cuatro fuentes lumínicas de diferente intensidad no va a influir en la microdureza obtenida a distintas profundidades, ni tampoco va a ser influenciada por el tiempo.

1.4. OBJETIVOS.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la influencia de dos tipos de fotoiniciación (Halógena y LED) a alta y baja intensidad, sobre la microdureza de tres composites utilizados habitualmente en clínica en tres intervalos de tiempo.

Objetivos específicos:

- 1.- Comparar los valores de microdureza de los composites Quixfil (Dentsply) Filtek 250 (3M) y Point 4 (Kerr) fotopolimerizados con diferentes fuentes de luz, a distintas densidades de potencia.
- 2.- Comparar los cambios en la microdureza de los composites analizándolos a uno, siete y treinta días posteriores a su fotopolimerización.
- 3.- Evaluar los tres composites mediante pruebas adicionales de resistencia a la compresión y elevación controlada de la temperatura.

INTRODUCCIÓN

2.1. INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LOS COMPOSITOS DENTALES Y LA MICRODUREZA.

Los composites dentales están formados por la combinación de polímeros orgánicos y partículas de relleno inorgánicas. La matriz orgánica habitualmente está constituida por algunos de los monómeros que se listan en la tabla 1. En su fase inorgánica es posible encontrar diferentes materiales de relleno como sílice-zirconia, aluminio-boro-silicatos, vidrio de estroncio o aluminio silicatos silanizados.

Tabla 1 Componentes monoméricos de los composites y sus fórmulas

MONÓMEROS	FÓRMULAS
BisGMA	Di metacrilato derivado del bis fenol y el glicil di metacrilato
UEDMA	1,6 bis(Metacriloxi-2-etoxicarbonilamina)-24,4-trimetilhexano
TEGDMA	Trietilglicol-di metacrilato
TEGMA	Trietilglicol-metacrilato
UDMA	Uretano- Dimetacrilato

Las resinas compuestas microhíbridas tienen partículas de relleno menores de 0.8 micras y manifiestan su máxima dureza superficial a los 15 días después de su fotopolimerización, ya que experimentan un endurecimiento progresivo debido a la reacción de polimerización "Oscura" o reacción de post-polimerización ¹.

El valor mínimo de dureza superficial requerido para los composites es de 34 KHN ². Para elevar la microdureza es necesaria una alta concentración de fotoiniciadores como la Canforquinona, y un tiempo elevado de exposición a la luz

mayor de 30 segundos. Krishnan ³ analizó la relación entre microdureza, cantidad de fotoiniciador y resistencia mecánica, aplicando las siguientes ecuaciones:

CS = (Compressive Strength). – Fuerza de compresión

$$CS \text{ (MPa)} = P / \pi r^2$$

r = Radio en mm del espécimen.

P = Peso aplicado en Newtons.

DTS= (Diametral Tensile Strength). – La Fuerza Tensil Diametral se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DTS \text{ (MPa)} = 2P / 3.1416 DL$$

D = Diámetro.

L = Altura.

MPa = Megapascales

La microdureza se mide con un microdurómetro Vicker en unidades (Hv) Vickers mediante la siguiente fórmula:

$$Hv \text{ (Kg. /mm}^2\text{)} = 1854 - 4 P/d^2$$

P = Peso.

d = Longitud en micras.

Hv = Unidades de microdureza Vickers.

Los composites experimentan un endurecimiento progresivo con la edad. Los composites de autocurado fueron los primeros en utilizarse en odontología, manifiestan un endurecimiento relativamente rápido (culminan su polimerización en promedio a las tres horas) y no alcanzan su máxima dureza hasta las seis semanas ⁴. Los composites fotopolimerizables están siendo actualmente estudiados desde diferentes puntos de vista, como la influencia entre la composición de los monómeros y las propiedades físicas de las resinas y la profundidad de polimerización.

Se ha estudiado la influencia de diferentes tipos de monómeros presentes en la composición de composites de uso protésico sobre la unión al metal. La Canforquinona ha sido la única sustancia iniciadores utilizada con uno solo o una combinación de varios monómeros. Los resultados han puesto de manifiesto que el monómero TEGDMA polimerizado durante 90 segundos es el que ha obtenido las mayores fuerzas de unión. De acuerdo a estos resultados se recomienda como resina de uso prostodóntico ⁵.

Se ha estudiado la influencia de los monómeros UEDMA, BisGMA y TEGDMA respecto a las propiedades físicas que provocan en los composites, mediante el uso de test de resistencia tensil y resistencia a la flexión. Se han analizado combinaciones de los tres monómeros en diferentes porcentajes; 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 y 70:30%. Los resultados sugieren que la sustitución de BisGMA por TEGDMA origina una disminución la resistencia a la flexión de los composites. Lo relevante de esta investigación es que se manifiesta la posibilidad de utilizar diferentes combinaciones de monómeros para diseñar composites con propiedades especiales de viscosidad, útiles para aplicaciones específicas ⁶.

De acuerdo al fabricante Kerr, el composite Point 4 contiene en su material de relleno micropartículas híbridas optimizadas. Estos composites llamados por el

fabricante como biomateriales microhíbridos, son en realidad una combinación de partículas inorgánicas de relleno y una matriz orgánica de polímero en concentraciones aproximadas del 66% de relleno inorgánico y el 33% de matriz de resina. El relleno resulta determinante en las propiedades fisicoquímicas del composite, las partículas microscópicas de relleno proporcionan un adecuado pulido y resistencia al desgaste en la superficie de las restauraciones⁷.

Monómeros más utilizados en las fórmulas de los composites dentales:

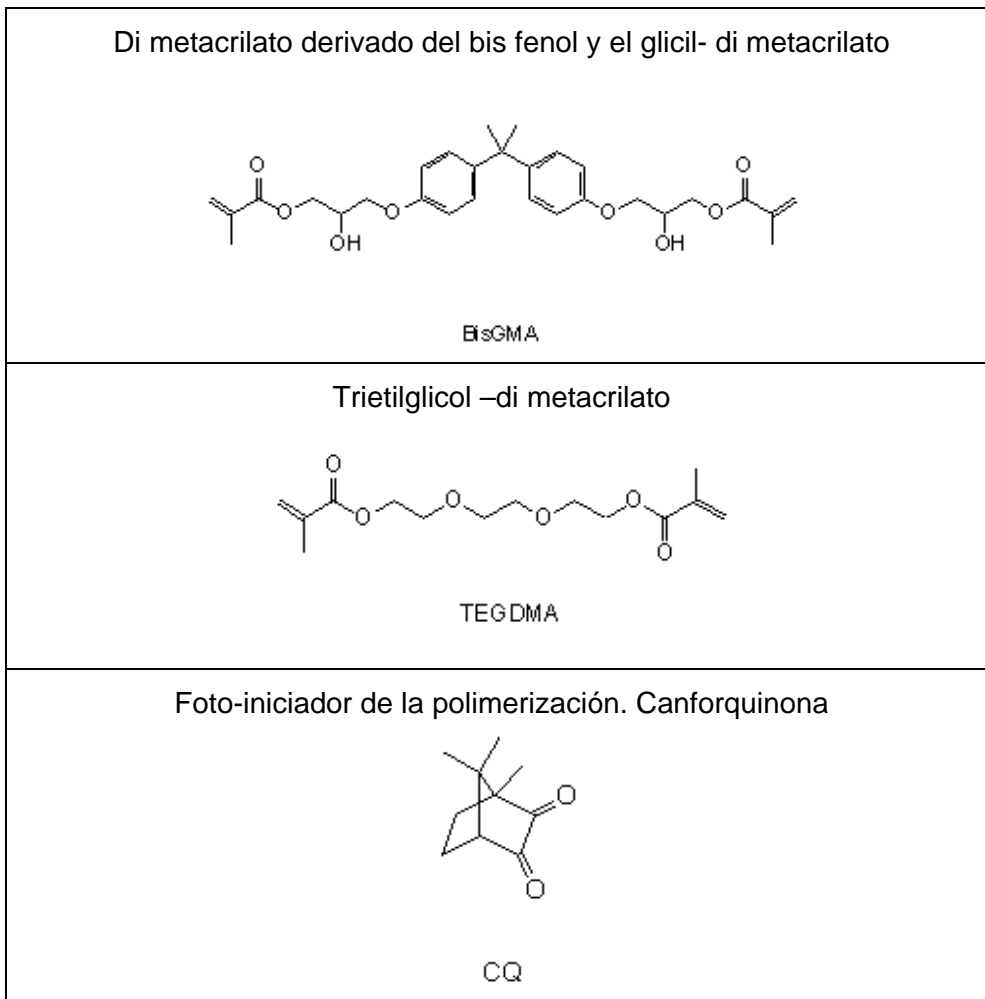


Figura 1 Monómeros y fotopropagadora Fuente Lupi⁸

2.2. MATRIZ INORGÁNICA DE RELLENO Y MICRODUREZA.

Actualmente se han modificado los materiales de relleno inorgánico mediante su optimización con cristales de sílice, obteniéndose una mejor estética final del composite, además de mayor resistencia y microdureza⁹.

Mediante un procedimiento de descontaminación química de los materiales de relleno (previa silanización) se pretende mejorar la unión con la matriz de resina para aumentar las propiedades físico-mecánicas de los composites. La matriz inorgánica se une a la matriz de resina mediante la formación un puente de silano (si-o-si) entre la superficie de silicio y la molécula del silano. Mediante la descontaminación de la matriz de relleno con peróxido de sulfato, seguido de una aplicación de ultrasonidos, y posteriormente sumergiéndolos en acetona, se consigue una descontaminación de la matriz orgánica y en consecuencia, la silanización otorga mayores cualidades al composite como una mayor resistencia a la degradación por temperatura ¹⁰.

Dentro de 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 ¹¹.

Santerre¹² afirma que los composites no son químicamente inertes y que en presencia de enzimas manifiestan un fenómeno de biodegradación, originándose cambios como pérdida de peso, que alteran gradualmente las propiedades de microdureza superficial. Mientras que la degradación producida por hidrólisis enzimática, oxidantes o por ácidos como el formaldehído alteran la estructura monomérica y oligomérica de los composites alterando a los compuestos monoméricos. Es evidente que las enzimas producen un efecto de degradación en las

matrices de la superficie del composite a base de BisGMA y sus derivados. En el caso de TEGDMA (TrietilGlicoldimetacrilato), éste puede ser degradado y transformado a TEGMA (TrietilGlicolmetacrilato), produciendo durante la degradación un ácido metacrílico. La presencia de enzimas en contacto con estos monómeros altera químicamente y de manera crónica su naturaleza físico-química produciendo cambios que deben ser tomados en cuenta ya que afectan la biocompatibilidad y biodurabilidad, a través de un proceso de biodegradación constante, provocando una disminución de la microdureza y un aumento de la debilidad estructural en forma directa¹².

Existe una gran diferencia entre los análisis de laboratorio in Vitro en contraste con los cambios químicos experimentados en el ambiente intraoral debido a la contaminación por componentes salivales que incluyen enzimas, restos alimenticios y bacterias los cuales provocan cambios en la unión de las matrices orgánicas e inorgánicas de los composites expuestos¹³.

2.3. CINÉTICA DE LA POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA.

El comportamiento físico de los polímeros depende de su tamaño, de su composición química y detalles de su microestructura los cuales pueden ser observados mediante análisis de espectroscopia de infrarrojo y de resonancia magnética.

La espectroscopía de infrarrojo se basa en la interacción de la radiación infrarroja con las vibraciones y rotaciones de los átomos de una molécula, el espectro puede ser obtenido haciendo pasar la radiación a través de la muestra. En la resonancia magnética, se obtienen espectros de los porcentajes de la estructura de un polímero, así como el grado de movimiento dentro de su cadena, derivada del ancho de sus cadenas espectrales.

El nivel de dureza obtenida en 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 ¹⁴. La polimerización se inicia mediante una cantidad adecuada de fotones que consecuentemente activan a una cantidad suficiente de radicales libres ¹⁵ para lo que es necesario una adecuada penetración en profundidad de la luz para la conversión del monómero en polímero.

Los composites experimentan cambios físicos relacionados con el fenómeno de polimerización como, contracción de polimerización, exotermia y deformaciones de su masa ¹⁶. El nivel de conversión y la velocidad de polimerización originan cambios dimensionales que se manifiesta en estrés por contracción. En trabajos experimentales donde se preparan composites con diferentes coeficientes de polimerización variando la concentración del inhibidor (butil hidroxi tolueno), y verificando el efecto de nivel de conversión con diferentes tiempos de fotoactivación, se menciona que el ritmo y coeficiente de polimerización guardan una relación proporcional a la raíz cuadrada de la densidad de potencia. Se puede modular el fotocurado de un composite, reduciendo el coeficiente de polimerización, esto da por resultado una reducción del coeficiente de estrés. Braga y Ferracane ¹⁷ afirman que una completa conversión durante el proceso de polimerización depende directamente del ritmo de polimerización.

Al estudiar la cinética de polimerización mediante la copolimerización de BisGMA y de TEGDMA, se encuentra que los monómeros multi funcionales utilizados en los composites dentales, presentan una típica doble unión en la conversión que va desde el 55% al 75%. También Se puede encontrar hasta un 6% de monómero residual de Bis GMA y TEGDMA, el cual permanece después de la fotoiniciación ¹⁸.

2.4. RITMO DE POLIMERIZACIÓN.

El número de radicales libres se relaciona directamente con el grado de dureza, así como la cinética y ritmo de polimerización, los sistemas fotopolimerizables. Intervienen también como factores determinantes la temperatura, la composición monomérica, el porcentaje de la foto iniciadora y el espesor del composite.

La ecuación para determinar el ritmo de polimerización propuesta por Lovell ¹⁹ es la siguiente:

$$R_p = \frac{K_p (M)(EI\theta(A) b)^{1/2}}{K_\pi^{1/2}}$$

R_p = ritmo de polimerización.

K_p = propagación cinética.

M = concentración molar (de masa) del monómero.

(π) = eficiencia del iniciador.

E = absorción coeficiente del iniciador.

A = concentración molar (de masa) del iniciador.

b = grosor de la muestra activada.

$I\theta$ = incidencia de la luz, intensidad y quantum por área segundo.

El ritmo de polimerización manifiesta un comportamiento llamado *Arrhenius*. La co-polimerización de BisGMA–TEGDMA exhibe algunas características cinéticas como la formación de cadenas cruzadas. La elevación de la temperatura contrarresta la tendencia a la desaceleración y la conversión continúa después de la foto-estimulación en un proceso oscuro ¹⁹.

La relación entre fotopolimerización y microdureza ha sido estudiada en diferentes investigaciones. Menezes et al² realizaron un análisis comparativo entre los composites Silux plus, Heliomolar y Z100, con diferentes tiempos de aplicación de luz. El composite Z100 (3M) manifestó la mayor microdureza respecto a los demás. El aumento del tiempo de aplicación de la luz provoca un aumento de radicales libres, “A mayor intensidad de luz, mayor dureza”².

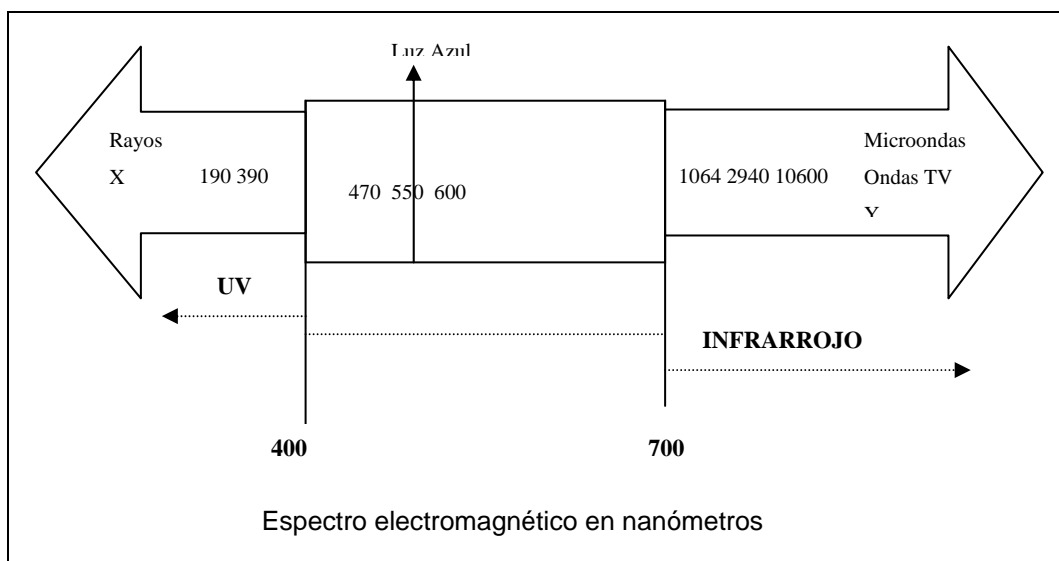


Figura 2 Rango del espectro electromagnético de la luz de acuerdo a su longitud de onda.

2.5. FUENTES LUMINOSAS DE POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA.

En la determinación de la relación de radicales libres - microdureza se observa una estrecha correlación por coeficientes de intensidades con tiempo y dureza. Dannheimer sugiere que el potencial de luz correcto oscila entre los 350 a 450 nanómetros de luz²¹.

Ante la hipótesis de que los composites se contraen en dirección al haz de luz del fotocurado, Versluis²² no encuentra una relación directa entre la dirección de

la luz y los vectores de contracción del composite, pero si entre la intensidad de luz y el ritmo de conversión durante la polimerización.

Respecto a la microdureza de los monómeros BisGMA y TEGDMA, Asmussen²³ no observa diferencia significativa entre ellos al ser fotocurados con diferentes lámparas como: XL300 y Optilux 500, a intensidades diferentes desde 450 hasta 650 mW/cm², mediante técnicas de precurado y pulsación intermitente de luz a 1, 2, 3 segundos durante 40 segundos, pero en los polímeros precurados a 650mW/cm² observa que pierden microdureza después de ser conservados en etanol.

Las actuales lámparas de fotocurado presentan incrementos en sus densidades de potencia de luz con la intención de adaptarlas a las longitudes de honda requeridas para una correcta fotopolimerización²⁴.

18

Investigadores como Lee et al²⁵ utilizan en su investigación el fotocurado con luz halógena a una densidad de potencia de luz de 400 mW/cm² para fotopolimerizar varios composites y observar algunas de sus cualidades.

Las resinas epoxy y los metacrilatos se diferencian entre sí por la acción de los radicales libres, las cuales son especies orgánicas de electrones impares. La epoxy-polimerización se produce por vía catiónica y se realiza a través de cargas positivas. En cambio los metacrilatos manifiestan adicionalmente el fenómeno de "Curado Oscuro", el cual es mínimo y se presenta posterior a la fotoiniciación de radicales libres^{1,26}.

Las lámparas de fotopolimerización que existen en el mercado para uso odontológico se clasifican en función de la fuente lumínica que poseen, clasificándose principalmente en cuatro grupos:

Tabla 2 Lámparas de fotocurado, fuentes de luz y sus rangos de longitud de onda de acuerdo a Cavares²⁰

Lámpara	Fuente de luz	Rangos en longitudes de onda
Lámparas Halógenas	Luz incandescente	360nm a 500nm
Lámparas de Plasma	De arco, Xenón	460nm a 480nm
Lámparas Láser	Argón, de diodos	488nm a 904nm
Lámparas LED	Emisión de Diodos	450nm a 480nm

2.5.1. Lámparas Halógenas.

Son del tipo incandescente, es decir, su luz es emitida por un filamento de wolframio puesto en incandescencia por el paso de corriente. Su espectro de emisión es de 360-500nm, con un pico energético a los 460nm. Generan luz blanca que pasa por un filtro óptico que la convierte a luz azul dirigida al rango de longitud de onda eficiente para la fotoactivación de las canforquinonas y que elimina la emisión de fotones de longitud de onda no útil, que puede producir calentamiento durante la polimerización.

a) Lámparas halógenas convencionales con una densidad de potencia (potencia lumínica por unidad de superficie) entre los 350 -700 mW/cm² .

b) Lámparas halógenas de alta intensidad con una densidad de potencia mayor a 700 mW/cm² hasta 1.700mW/cm². Modificadas por puntas turbo que optimizan la luz procedente de la bombilla.

2.5.2. Lámparas de Plasma (de arco, xenón).

Son lámparas de “arco”, es decir, emiten luz mediante una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre dos electrodos de tungsteno. En el interior de la

lámpara existe gas xenón a elevada presión que evita la evaporación de electrodos. La luz generada resulta de alta potencia de 1400 a 2700 mW/cm². Poseen un filtro, no emiten rayos infrarrojos como las halógenas por lo que no presentan riesgo de calentamiento durante el proceso de fotocurado. Emiten luz en un rango de longitudes de onda de 460–480 nm permitiendo fotopolimerizaciones rápidas de los composites que contienen Canforquinona, pero presentan como inconveniente el hecho de que no polimerizan adecuadamente composites que contienen como sustancia fotopropagadora la propandiona (1-fenil-1,2-propandiona), cuya longitud de onda óptima es de 410 nm.

2.5.3. Lámparas Láser.

De todas las variedades del láser (He-Ne, Co₂, argón, diodos, Ne: YAG, Er: YAG, etc.) sólo dos tipos pueden ser utilizadas para la fotoactivación de composites:

a) *Láser de Argón*.- Con un medio activo gaseoso de Argón emite una luz azul de 488nm o bien verde de 488 a 514nm y densidades de potencia entre 750 y 1.300 mW/cm² con un haz luminoso del láser altamente monocromático y coherente puede fotopolimerizar un composite tres veces más rápido respecto a las lámparas halógenas convencionales debido a su longitud de onda estrecha. Su haz de luz monocromático resulta incompatible con algunos materiales fotoactivables.

b) *Láser de Diodos*.- Es un láser con medio activo tipo sólido (diodo semiconductor de arseniuro de galio y aluminio) que emite luz roja de longitud onda entre 830- 904nm (espectro infrarrojo) fuera del espectro visible, por lo que no puede ser utilizado para fotocurar composites, pero en odontología se utiliza para pro-

cedimientos quirúrgicos y en la activación de algunos blanqueadores. De acuerdo al fabricante es una fuente de fotoactivación exenta de radiación ultravioleta.

2.5.4. Lámparas de Diodo Emisión.

Utilizan como fuente la iluminación V-LED (Visible-Light Emitting Diodes) luz visible de diodos, el color de la luz emitida depende del semiconductor (SiC o In-GaN) de 7 a 21 diodos de un diámetro de 2 a 5mm ordenados en círculos concéntricos que emiten una luz de 450 a 480nm con un pico en los 470 y una potencia lumínica en torno a los 400 mW/cm². Las unidades LED no utilizan filtros y requieren menor energía eléctrica, no emiten radiaciones próximas a la banda de infrarrojo.

De acuerdo a la rapidez de fotoactivación del composite en capas de 2mm, las lámparas de plasma son las más veloces polimerizando entre los 3-6 segundos seguidas, de las halógenas de alta intensidad de 5 a 10 segundos , el láser en 14 segundos, LED y halógenas convencionales 20-40 segundos ²⁰.

2.6. FOTOPOLIMERIZACIÓN POR DIODOEMISIÓN DE LUZ RESPECTO A LUZ HALÓGENA.

Hace más de 30 años que el sistema de fotocurado fue introducido para las resinas dentales, las primeras lámparas utilizadas eran de luz ultravioleta, pero al presentar problemas de biocompatibilidad, fueron sustituidas por fuentes de luz visible de un espectro entre 200 a 400 nm. Estas lámparas llamadas halógenas están constituidas por un foco de luz luminoso de cuarzo–tugsteno, el cual emite una luz blanca que gracias a un conductor de fibra óptica se transformará en luz azul; esta emisión activa a la sustancia fotopropagadora contenida en el compo-

site aproximadamente en 0.25% Canforquinona, la cual fotoestimulada activa la reacción de los radicales libres.

Las lámparas de luz LED no presentan bulbo luminoso, en cambio utilizan tecnología basada en la diodoemisión simétrica ordenada de luz azul en un rango que oscila entre 440 a 500 nm. 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 ²⁷.

Un foto emisor de luz LED polariza directamente a través de la luz emitida, a este fenómeno se le denomina emisión espontánea de electrorradiancia, la luz se genera debido a una recombinación radiactiva de pares de electrones hacia la región de vaciamiento, la luz emitida es incoherente con una amplitud espectral relativamente grande y un ensanchamiento angular amplio ²⁸.

El sistema de fotocurado para composites se ha desarrollado y mejorado desde los años ochenta, facilitando la polimerización de un solo bloque de pasta ²⁹. Actualmente existen lámparas de fotocurado que emiten una radiación cercana a la ultravioleta con longitudes de onda corta.

En una investigación comparativa entre diferentes lámparas de fotocurado se menciona que la fuente de luz sí es determinante para la obtención de una adecuada polimerización³⁰.

2.7. INFLUENCIA DEL NIVEL DE CONVERSIÓN SOBRE LA MICRODUREZA DE LOS COMPOSITOS DENTALES.

Ferracane³¹ a mediados de los años 80`s demostró mediante análisis de espectroscopía infrarroja la relación existente entre microdureza y nivel de conversión en los composites autocurables, afirmando que ningún valor de dureza se puede utilizar para predecir el valor absoluto de conversión en resinas autocurables.

El aumento de la microdureza superficial se relacionó también a la persistencia de la actividad de los radicales libres aún 30 días después. El nivel de conversión y la microdureza no manifestaron una relación invariable.

El fenómeno (Bulk Equilibrium) equilibrio de masa toma al menos treinta días en manifestarse totalmente, es entonces cuando decrece la dureza³².

La dureza y resistencia de las resinas restauradoras depende directamente del sistema catalítico involucrado en la polimerización. Por ejemplo un diámetro de 15 nm de longitud de onda radiada ofrece menos dureza que una sola dosis continua de luz, la estimulación rápida de los radicales iniciadores de la polimerización produce un alto grado de conversión en dobles uniones. Asmussen³³ comprueba que las resinas fotopolimerizadas ofrecen mayor resistencia a la abrasión que las auto polimerizadas.

La relación entre nivel de conversión, desgaste clínico del polímero y fotocurado fue demostrado mediante análisis de transmisión infrarroja y microscopía. El incremento de la fotopolimerización produce directamente un incremento del nivel de conversión. Solo a nueve segundos desde el inicio de la fotopolimerización el 56% de los dobles enlaces de carbono ya se han producido. Si se somete a calentamiento se elevará el nivel de conversión del remanente no reaccionado. Los

efectos físicos de desgaste y fractura marginal de los composites están relacionados con un bajo nivel de conversión, que a su vez va a estar influenciado por el tamaño de las partículas de relleno que contenga el composite y la cantidad de polímero provocado por la foto estimulación e incorporado en cadenas cruzadas. El nivel de conversión generalmente decrece cuando se incrementa el nivel de relleno inorgánico en un composite, si al composite se le integran además de su material de relleno fibrillas de sílice, el nivel de conversión se manifestará sensiblemente menor pero se incrementa la microdureza ³⁴.

2.8. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE LA MICRODUREZA DE LOS COMPOSITES.

La termografía infrarroja permite monitorear los cambios de temperatura durante la polimerización del composite, midiendo la emisión temprana de temperatura en la superficie del material fotocurado; es posible realizar este análisis in-vivo a través de un equipo de termovisión infrarroja. Un aspecto mencionado en investigaciones científicas relacionadas con este tema es el fenómeno de la exotermia casi instantánea a la fotoiniciación presente en un rango de entre 12 a 30 segundos. Este fenómeno resulta de un potencial riesgo para la pulpa durante la polimerización in vivo a profundidades cercanas a la cámara pulpar. La resistencia al desgaste de los composites se incrementa gradualmente hasta llegar a ser similar a la obtenida por los composites que han recibido calentamiento post-curado, este incremento de la dureza no solo se puede atribuir al incremento del nivel de conversión, otros factores como la temperatura de los alimentos que entran en contacto a la restauración y que en ocasiones son mayores a 37° C pueden influir.

El tiempo transcurrido en la aplicación del calor de post-curado influye en la conversión de los monómeros en polímeros aunque no influye en la resistencia bi-

axial a la flexión del composite. Si se desea optimizar la polimerización del composite in vitro es recomendable la aplicación de calor dentro de las primeras seis horas ³⁵

La elevación de la temperatura post polimerización produce una activación adicional de la polimerización llamada extrapolimerización la cual origina un incremento de la dureza y de la resistencia a la fractura. Esto se atribuye al aumento de la conversión del monómero ³⁶.

2.9. INFLUENCIA DE LA ABSORCIÓN DE AGUA SOBRE LA MICRODUREZA.

Se han realizado diferentes investigaciones midiendo la microdureza de los composites después de ser sumergidos en saliva con el propósito de comprender el efecto que provocan sobre la superficie de los materiales de obturación los diferentes componentes salivales (agua, enzimas, proteínas, bacterias, etc.).

Al observar la microdureza obtenida en composites, ionómeros de vidrio, y cementsos dentales a las 24 horas de ser sumergidos en saliva o en agua bidestilada, resulta mayor en los grupos sumergidos en saliva respecto a los sumergidos en agua bidestilada. Los ionómeros de vidrio en general, manifiestan un mejor comportamiento en saliva debido a los componentes iónicos de calcio y fósforo, los composites con relleno de sílice-zirconia registran un endurecimiento superior al resto de los demás materiales ³⁷.

Bajo condiciones del 100% de humedad a 37°C, la microdureza en la superficie de cualquier composite es afectada significativamente por la absorción de agua, el factor tiempo–humedad también altera la dureza final. La polimerización no es un proceso momentáneo sino continuo, y sus medidas de dureza registran los

cambios dinámicos estrechamente relacionados con la polimerización. Los composites en general reflejan su máxima microdureza a las cuatro semanas debido a una constante y progresiva polimerización. Al comparar composites conservados en solución salina fisiológica con composites conservados en seco, los de primer grupo reflejan menor microdureza inicial y alcanzan la máxima microdureza obtenida en el segundo grupo después del pulido. A largo plazo, la cantidad de agua absorbida por la matriz polimérica es capaz de provocar una afección en el material de relleno, aquellos composites en contacto con tiras celuloide de poliéster al ser curados y que posteriormente son sometidos a pulido obtienen los mejores registros de microdureza superficial respecto a los no pulidos ³⁸. Wilson⁴ afirma que la inmersión en agua reblandece los composites convencionales a largo plazo debido a que se afecta a la unión relleno matriz.

Es posible que la microdureza se observe disminuida desde las tres horas de almacenamiento en agua de las muestras. El agua es absorbida por el microrelleno de sílice en el periodo post-foto-iniciación y en este periodo el endurecimiento no es compensado, manifestándose el fenómeno de arcillamiento que produce el agua. Los valores de microdureza son variables en los materiales de restauración híbridos (de acuerdo al tamaño combinado de partículas), la diferencia de dureza es significativa al contacto con el agua, los composites híbridos al igual que los composites convencionales y los ionómeros de vidrio son afectados en su capacidad de resistencia a la fatiga por flexión. Un material de restauración ideal podría encontrarse entre la combinación de materiales a base de ionómeros y las resinas fotocurables cumpliendo como requisitos del pulido, propiedades estéticas y capacidad hidrofílica, cabe mencionar que actualmente los monómeros basados en BisGMA no manifiestan el fenómeno (aqueous) acuoso que los ionómeros de vidrio sí presentan, pero a su vez los ionómeros manifiestan pocas cualidades de pulido. La combinación de cualidades de ionómeros y composites da lugar a las resinas modificadas con ionómero de vidrio ³⁹.

2.10. PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN Y MICRODUREZA.

Al estudiar los factores que afectan a la profundidad de curado Cook ⁴⁰ afirma que la correcta polimerización de los composites fotopolimerizables usados como material de restauración dental se encuentra íntimamente ligada a la profundidad, y penetración del estímulo luminoso activador de las fotopropagadoras de la polimerización; Entre otros factores que también afectan se encuentran: Los componentes y cantidad del composite, porcentaje de la fotopropagadora, la fuente de luz, tiempo de exposición, variación y frecuencia de onda del haz luminoso. Existiendo una relación íntima entre polimerización y microdureza, el grado de polimerización de un composite decrece rápidamente bajo la superficie al incrementarse la profundidad.

El modelo cinético que involucra a los radicales libres en la polimerización se ve alterado de acuerdo a la profundidad. Este modelo actúa teóricamente mediante cinco mecanismos ¹⁶:

Descomposición del fotón sensibilizador.

Iniciación de la polimerización.

Propagación en cadena de los radicales libres.

Terminación bi molecular de las cadenas de radicales.

Inhibición o retardamiento de la propagación de radicales libres.

Para calcular el ritmo y la extensión de la polimerización bajo la superficie, es necesario conocer el ritmo de producción primaria de radicales libres de una capa del material a determinada profundidad bajo la superficie, determinado por la cantidad del composite beneficiado para la estimulación. Esto se interpreta de la siguiente manera: Una cantidad de material que absorbe un quantum de radiación producirá dos radicales libres, relacionando la cantidad de radiación absor-

bida por la unidad del área en centímetros cuadrados por la unidad de tiempo, obtendremos una aproximación de los radicales libres producidos ⁴⁰.

2.11. DUROMETRÍA.

Fue en Inglaterra en el año 1925 cuando se realizan las primeras durometrías. El análisis de la microdureza se define como una prueba por medición de la indentación, observando la huella que marca el indentador de diamante de forma geométrica contra la superficie de un material a cargas o fuerzas programadas dentro de un rango de 1 a 1000 gramos. La microdureza en unidades Knoop y Vickers es obtenida por la medición de la longitud de la huella observada en microscopio.

28

Existen otros microdurómetros por ultrasonido que analizan cambios en la frecuencia de vibración aplicada a una muestra y produce una indentación menor a 19 nanómetros, estas mediciones pueden ser consideradas como nanodureza.

Los durómetros tiene diferentes aplicaciones específicas como: proporcionar medidas de dureza a piezas de trabajo pequeñas, monitoreo de la carburización o nitrificación que manifiesta variaciones en la dureza de un espécimen, durometrías individuales a micro componentes de una muestra, análisis de microdureza de superficies bajo condiciones de desgaste y microdureza de recubrimientos superficiales.

El indentador Knoop deja una marca en forma romboidea, clara y ancha, mientras que el indentador Vicker marca un rombo con ángulos más obtusos.

Fórmulas para calcular microdureza Knoop, y Vickers

$$HK = \frac{P}{A} = \frac{P}{CL}$$

HK = Dureza Knoop.

P = Peso Aplicado.

A = área de Indentación.

L = Longitud diagonal.

C = (0.07028).

$$HV = \frac{2 P \text{ seno } \theta/2}{D^2}$$

HV = Dureza Vickers.

P = Peso aplicado.

D = Indentación diagonal media.

θ = Ángulo entre las caras opuestas del diamante de 136° .

El test de dureza Vicker utiliza cargas mayores a 120Kgf (kilogramos fuerza) comparada a la escala Rockwell. El amplio rango de carga permite al 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, logrando así una adecuada magnificación y enfocado de la muestra, visualizando así la huella. Para una lectura correcta se requiere la conversión micras por el peso aplicado, por ejemplo si se aplican 500 gramos de fuerza se obtendrán los siguientes resultados:

HK = 500 X 1.423= 711 unidades Knoop

HV = 500 X 1.159= 579 unidades Vickers

Los valores Vickers o Knoop, que son valores de estrés, expresan kilogramos por milímetro cuadro (Kg. /mm²).

Los microdurómetros controlados por procesadores digitales, realizan la conversión automáticamente de unidades Filar a unidades Knoop o a unidades Vickers, evitando así errores ⁴¹.

En las investigaciones mencionadas por el presente trabajo se han utilizado algunos de los siguientes equipos para obtener registros de durometría y profundidad de curado:

Vicker Microhardness Tester ^{3, 9, 21, 6, 31, 37}

Microdurómetro Digital Tester FM 7 Futura Tech ⁴²

Centaur Hardness Instrument ¹

Durimet Microhardness Tester Leitz– Wetzlar ^{2, 12, 39, 40, 60}

Reichard Micro-hardness ⁴

Microhardness Instrument Model 3212 ³²

Mhp160 Microhardness Tester ²⁷

Wallace Indentator hardness Tester ^{33, 38}

Kentron AK 124-0 Ametec Microhardness.

Microhardness Tester (MVK–E–Akashi) ^{10, 30}

Microdurómetro universal Rockwell Centaur RB2DA ⁴³

Shimaduzu Microhardness Tester HMV 2000 ^{43, 51}

Penetrómetro Digital ^{42, 49, 51, 53}

3212B Microhardness Tester ZGC ⁵⁴

Técnica estandarizada ISO 4049:2000 de Rasgado instrumental ^{58, 60}

También existe la posibilidad de realizar análisis comparativos de microdureza entre durómetros; ejemplo. Durometría Rockwell vs. Vicker.

Para determinar la microdureza de los composites en un microdurómetro digital es necesario programar una carga de indentación que puede fluctuar desde gramos a kilogramos sobre segundos. La huella que deja la punta del indentador será observada como referencia registrada en el microdurómetro y los resultados se pueden traducir a distintas unidades ⁴³.

Fusayama ¹⁶ analizó piezas dentales con un indentador Knoop mediante cargas de 50 gr. durante 15 segundos, y determinó la microdureza cada 50 micras en cortes longitudinales desde el límite amelodentinario hasta la cámara pulpar observando durezas promedio de 70 KHN en dentina y 22 KHN en piso cavitario.

2.12. OTROS TIPOS DE ANÁLISIS A COMPOSITES DENTALES.

Además del análisis de la microdureza, los composites pueden ser sometidos a otro tipo de pruebas mecánicas como son:

Desgaste por simulación mecánica ⁴⁴; Evaluación foto elástica a través del análisis de los módulos de elasticidad ^{45,46}; Contracción por polimerización ²²; También los composites pueden ser sometidos a termo ciclos (500 ciclos a 55 °C x 15 segundos) de acuerdo a la norma ISO TRI 1405 ⁴⁷.

La resistencia a la fractura puede ser medida a través de un equipo Instron ^{23, 48, 49}.

El análisis de simulación mecánica por desgaste en laboratorio se lleva a cabo a través del simulador de desgaste Leinfelder a 2 Hz (Hertz) en condiciones de

carga de 78.5N (Newtons) ^{44, 50}, la evaluación del desgaste se puede realizar también en el esmalte de las piezas antagonistas ⁵².

Para evaluar la morfología de la interfase composite-dentina, se puede utilizar un equipo de microscopía Phillips XL30 SEM a 1600 aumentos in vivo comparando la técnica de aplicación del composite en bloque respecto a la técnica incremental en cavidades de 2mm de profundidad ⁵¹.

2.13. INVESTIGACIONES RECIENTES RELACIONADAS A SISTEMAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN LED.

A principios de los años noventas se han introducido las unidades LED de un cristal que posteriormente fueron mejoradas incrementándose la intensidad luminosa con los sistemas de multi cristales que han permitido intensidades de radiación superiores a los 500mW/cm². Con unidades de 63 cristales emisores se han llegado a conseguir intensidades de radiación de luz superiores a los 900mw/cm².

Uhl A et ⁵² han comparado la microdureza Knoop de tres composites polimerizados con una lámpara LED de segunda generación de 900mW/cm² y una lámpara Halógena de 860mW/cm², no encontrado diferencias significativa entre ambas, pero se ha observado que los composites fotopolimerizados con la lámpara LED manifiestan un aumento de la microdureza a profundidad mayor a 2mm. Concluyen que las lámparas LED de alta densidad podrían llegar a remplazar a las unidades Halógenas convencionales siempre y cuando se seleccione el composite indicado. El test de fotopolimerizado a profundidad no discrimina entre la aplicación de lámparas si se aplica a composites que contengan co-iniciadores, pero el test de microdureza si lo hace ⁵².

Probando las guías de luz de tres lámparas diferentes LED y halógenas frente al radiómetro se demostró que la intensidad de luz disminuye con la distancia, descendiendo entre 20mW/cm^2 a 30mW/cm^2 a una distancia de 10mm del radiómetro ⁵³.

La influencia del almacenamiento y la carga del indentador sobre los composites dentales polimerizados por tecnología de LED y Halógena fue analizada registrando la microdureza después del almacenamiento en seco respecto a en líquido. Se fotocuraron composites con lámparas de luz Halógena convencional y LED de multi cristales, encontrando que en general la microdureza Knoop obtenida en capas profundas de los composites fotopolimerizados por lámparas LED y halógenas no manifestaron diferencia significativa, el efecto del fenómeno de post-curado no compensó significativamente los valores bajos de microdureza a profundidad obtenidos aún en los composites con co-iniciadores sin importar si fueron polimerizados por el sistema LED de multi cristales o halógena convencional. La carga del indentador si define la significación estadística ya que tiene una gran influencia sobre los valores obtenidos con posibilidad de arrojar falsos valores si la carga no es adecuadamente seleccionada ⁵⁴.

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL.

Para realizar esta investigación hemos utilizado de tres composites de uso habitual en el consultorio dental como materiales de restauración: Filtek Z250 (3M San Paúl MN 55144-100.USA), Point 4 (Kerr Orange Ca., USA), y Quixfil (DENTSPLY DeTrey GMBH 78467 Konstanz, Germany). (Tabla 3). Que se han polimerizado con cuatro fuentes de luz diferentes (Tabla 4):

- Lámpara de luz halógena con una densidad de potencia de luz de 200 mW/cm² Max Lite* (Caulk Dentsply , Milford DE, Canadá).
- Lámpara de luz Halógena con una densidad de potencia de luz de 400 mW/cm² Max Lite (Caulk Dentsply, Milford DE, Canadá).
- Lámpara de luz LED con una densidad de potencia de luz de 200 mW/cm² Optilight LD (Gnatus Equipamentos R.A 14097 S.P. Brasil).
- Lámpara de luz LED con una densidad de potencia de luz de 400 mW/cm² Ultralume (Ultradent Products 505W10200S Jordan UT. 84095 USA).

*Para lograr una densidad de potencia de emisión menor a 400 mW/cm² en la lámpara halógena se reemplaza el bulbo emisor de luz, adaptando uno de baja luminosidad hasta conseguir el más cercano a dicha lectura en el radiómetro

La lectura de la intensidad de estas lámparas fue medida con un radiómetro Optilux Radiometer, modelo 100, fabricado por Demetron Kerr Corporation Italia Spa vía passanti 332 1-84018 scafati S.A. Italia. Fecha de fabricación Enero 01 de 2001 bajo la norma EN550082-1.

Los especímenes obtenidos de estos 3 composites polimerizados con 4 fuentes lumínicas diferentes se han sometido a los siguientes test:

- .- Durometría.
- .- Análisis de resistencia a la compresión.
- .- Análisis termogravimétrico.
- .- Análisis termomecánico.

Tabla 3. Características de los materiales utilizados en este trabajo.

Composite	POINT 4	FILTEK Z250	QUIXFIL
Fabricante	Kerr M. Corporation	3M Dental Products	DENTSPLY DeTrey GmbH
Dirección	Orange California USA	St Paul MN 55144-100 USA	78467 Konstanz, Germany
Lote	305B92, 207473	20030318	30500012210
Tipo	Bis-GMA/TEGDMA/EBADM	Bis-GMA/Bis EMA/UDMA	TEGDMA/UDMA
Color	A 2	A 2	Universal
Partículas de relleno	0.4µm - 0.8µm	0.01µm - 3.5µm	
Tiempo de fotocurado	40 segundos	40 segundos	40 segundos
Carga inorgánica %*	71.40%	76.00%	83.10%
Polímero %*	28.40%	24.00%	16.60%
Material de relleno	Bario-aluminio-boro silicato	Sílice - Zirconia	Vidrio-estroncio aluminio Fosfo-silicato silanizado

Datos obtenidos mediante análisis termogravimétrico realizado. Anexo 5

Tabla 4. Características de las lámparas utilizadas en este estudio.

Lámpara	THE MAX CAULK LIGHT	THE MAX CAULK LIGHT	OPTILIGHT LD (GNATUS)	ULTRALUME II
Fabricante	Caulk Dentsply Canadá	Caulk Dentsply Canadá	Gnatus eq Brasil	Ultradent Products USA
Dirección	Milford DE Canadá	Milford DE Canadá	R Abrao14097SP Brasil	505W10200SJordan UT84095
Serie	22240	103249	22310265	S 566581
Fuente de luz	Halógena 14V35W 1 Amp	Halógena 14V35W 5 Amp	LED azul de 7 Led's	LED azul de 2 cristales
Poder de emisión	200mW/cm. ²	400mW/cm. ²	200mW/cm. ²	400 mW/cm ²
Terminal de salida	Óptica de 90mm	F óptica de 90mm	Polímero de 75mm	capa acrílica

Tabla 5. Equipo de laboratorio empleado.

Equipo	MICRODURÓMETRO DIGITAL VICKER	MÁQUINA INSTRÖN	ANALIZADOR TERMOGRAVIMÉTRICO DTA-TGA C	ANALIZADOR TERMOMECAÁNICO TMA65
Marca	Future Tech	Istron Technologies	TA Instruments	TA Instruments
Dirección	Tokio Japón	Igonge S1801 ONTARIO Canadá MSE 1 W7	Newcastle Delaware USA	Newcastle Delaware USA
Modelo	FM-7 serie FM 7053	4469 serie C2154	Modelo TGA 2950	Modelo TMA 2940

3.2. MÉTODOS.

3.2.1. Preparación de especímenes.

Se preparan en 4 moldes de acero inoxidable; diseñados especialmente para esta investigación, constituidos por dos placas de acero de 38 mm x 100 mm de longitud cada una, atravesadas por dos tornillos de acero inoxidable de 30 mm. De acuerdo a lo especificado por la norma ISO 4049:2000⁵⁵ para la confección de moldes de acero descrita en el apartado 7.10.1.1, la cual trata también de la profundidad de polimerización de los materiales clase 2 (materiales cuyo uso requieren de una energía extraoral in situ) que se polimerizan por la aplicación de una energía externa como la luz azul o el calor.

En el área intermedia y superior de unión de las dos placas, se preparan cinco cavidades de forma cilíndrica con la finalidad de contener a cada muestra de composite con un diámetro de 7 mm, la profundidad de las cavidades en orden descendente fue de 1 a 5 mm de profundidad, confeccionándose un total de 5 cavidades contenedoras en 4 juegos de placas.

Las medidas de los moldes fueron calibradas mediante un micrómetro digital de precisión Mitutoyo fabricado por Nicholson S.A. serie número 5C690.

Los moldes son utilizados con la finalidad de:

- 1.- Contener las muestras de composite.
- 2.- Adaptarse a las platinas del durómetro y evitar movilidad de las muestras durante la durometría.

Cada molde contiene 5 cavidades de 1, 2, 3, 4 y 5 mm, que fueron obturadas con cada uno de los composites en un solo incremento.



Figura 3. Moldes de acero inoxidable.



Figura 4. Composite aislado en los moldes con 5 cavidades de 1mm a 5mm para un fotocurado individual.

Posteriormente las muestras fueron cubiertas por una tira fina de poliéster-poliétileno (Millar) y se procedió a la polimerización de cada una de las muestras manera individual aislándola de la muestra anteriormente polimerizada con una banda de matriz acerada que permite fotocurar específicamente cada muestra sin la aplicación de irradiación adicional a los composites más próximos. La fotopolimerización se realizó apoyando la punta conductora de la lámpara sobre la tira de acetato durante un tiempo de exposición de 40 segundos que fue igual para todas las muestra. Se realizaron 5 muestra de cada profundidad por grupo. Cada grupo de composite fue polimerizado por las cuatro tipos diferentes de lámparas de polimerización (tabla 3). Las posibles combinaciones entre los tres tipos de composites y 4 tipos de lámpara e intensidades dan un total de 12 grupos (tabla 5), posteriormente a la polimerización los discos de composite fueron pulidos con discos Soflex médium y fine (3M). Todas las muestras se almacenan en seco dentro de un recipiente cerrado y aisladas de la humedad a temperatura ambiente hasta la realización del test de durometría.

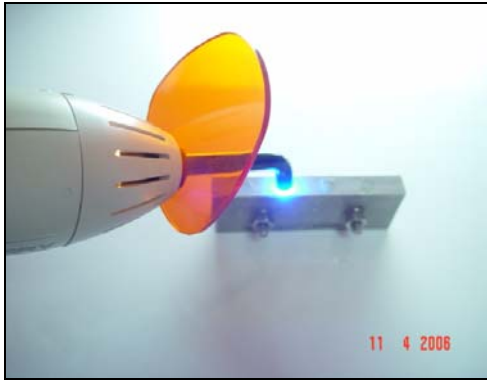


Figura 5. Fotocurado por luz halógena.

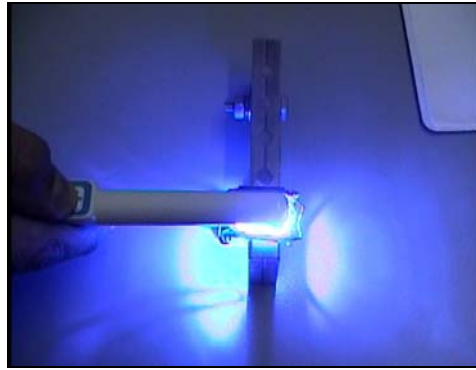


Figura 6. Fotocurado por luz LED.

42

Las durometrías se realizaron utilizando el Microdurómetro Digital Vicker Microhardness Tester FM (Future Tech), con cargas programadas de 1 Kg. fuerza x 15 seg. Tiempo). La lectura se registra en unidades Knoop (KHN); unidades de dureza de resistencia a la penetración, mediante un indentador Knoop con punta de diamante romboidea visible a (X 200) 200 aumentos. Las durometrías se realizan a 1, 7 y 30 días, en la parte superior e inferior de la muestra, realizando 3 mediciones aleatorias por cara.



Figura 7. Microdurómetro Digital Vicker Microhardness Tester FM (Future Tech).



Figura 8. Muestra de composite de 7mm.

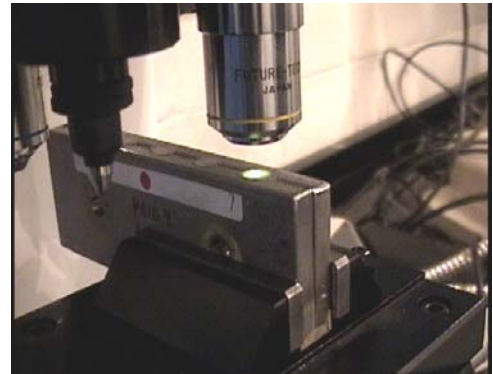


Figura 9. Observación de la indentación De diámetro por 3mm de espesor provocada por la punta de diamante Knoop foto polimerizada y extraída del molde de acero de forma romboidea.



Figura 10 Imagen de la pantalla del micro.



Figura 11. Imagen obtenida en un ordenador Durómetro donde se muestran los íconos conectado a un estereoscopio, donde es digitales para programar las condiciones de posible observar la huella de la indentación indentación y los resultados.

Tabla 6 Condiciones experimentales para la fotoiniciación, utilizando cuatro fuentes de luz distintas.

GRUPO	COMPOSITE	LÁMPARA , DENSIDAD DE POTENCIA
1	Point 4 (Kerr) 5 muestras	<i>LED (Gnatus) 200 mW/cm²</i>
2	Filtek Z250 (3M) 5 muestras	<i>LED (Gnatus) 200 mW/cm²</i>
3	Quixfil (Dentsply) 5 muestras	<i>LED (Gnatus) 200 mW/cm²</i>
4	Point 4 (Kerr) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 400 mW/cm²</i>
5	Quixfil (Dentsply) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 400 mW/cm²</i>
6	Filtek Z250 (3M) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 400 mW/cm²</i>
7	Filtek Z250 (3M) 5 muestras	<i>LED (Lume II) 400 mW/cm²</i>
8	Point 4(Kerr) 5 muestras	<i>LED (Lume II) 400 mW/cm²</i>
9	Quixfil (Dentsply) 5 muestras	<i>LED (Lume II) 400 mW/cm²</i>
10	Filtek Z250 (3M) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 200 mW/cm²</i>
11	Point 4 (Kerr) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 200 mW/cm²</i>
12	Quixfil (Dentsply) 5 muestras	<i>Halógena (MaxLite Caulk) 200 mW/cm²</i>

3.2.2. Análisis de resistencia a la compresión.

Los análisis de resistencia a la compresión fueron efectuados en las 60 muestras resultantes de los 12 grupos, transcurridas 5 semanas de la fotopolimerización. Utilizando un equipo Instron 4469 Automated Materials Testing System.

La técnica empleada para este análisis fue de compresión directa sobre las muestras de distintos espesores sobre la platina de la base de la máquina Instron.



Figura 12 Equipo Instron 4469 utilizado.



Figura 13. Análisis de compresión directa pruebas de resistencia a la compresión en las platinas de la máquina Instron.



Figura 14. Muestra de un composite fracturado por compresión directa en la máquina Instron 4469, a la cual se le observa el punto de fractura y desplazamiento del material .

Estos test son destructivos, una vez colocada la muestra sobre la base de la máquina Instron, la platina superior desciende hasta provocar la fractura de la muestra, Los valores obtenidos se transformaron en Mpa de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

Fuerza = Unidades (lb., Kg. ,N).

Resistencia = Unidades (MPa, lb./plg²,Kg./cm²).

Área = 7854 (diámetro²) Unidades (cm., plg, mm).

3.2.3. Análisis Termogravimétrico.

Con la finalidad de conocer la temperatura ante la cual comienzan a degradarse y perder peso los composites, así como determinar el porcentaje de matriz orgánica e inorgánica en su composición, se confeccionan 12 muestras cilíndricas de 7mm de diámetro por 4mm de espesor, 4 de cada composite: Filtek 250(3M), Point 4(Kerr) y Quixfil (Detsply); fotopolimerizando 1 por cada lámpara: La termogravimetría consiste en la cuantificación del peso perdido a temperatura elevada, mediante el equipo Analizador Termogravimétrico SDT 2960 Simultaneous DTA–TGA (Analizador simultáneo TA-2), conectado a un ordenador (IBM) Thermal análisis 2100 system.

El procedimiento de laboratorio consiste en fotopolimerizar de acuerdo a la metodología descrita con anterioridad las muestras de composite. Cinco semanas después las muestras de 7 mm de diámetro por 1 mm de espesor son divididas en 4 partes cada una y colocadas dentro de probetas refractarias (crisoles de alúmina de 5 mm de diámetro por 3 mm de profundidad), e insertadas dentro de del termo-analizador, el cual es programado para aumentar de manera controlada la temperatura a un ritmo de 15 °C /minuto hasta los 800 °C bajo una presión de 50 cm³/min., cuantificando el peso perdido durante el proceso y hasta el final, mostrando el porcentaje de remanente inorgánico

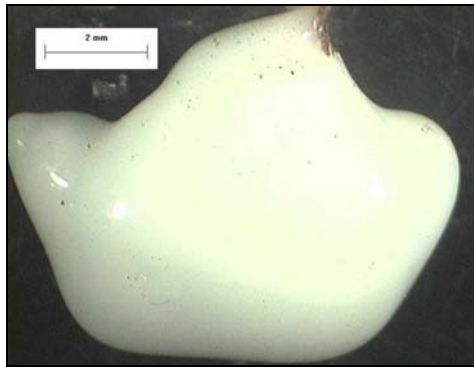


Figura 15. Remanente de composite Filtek.

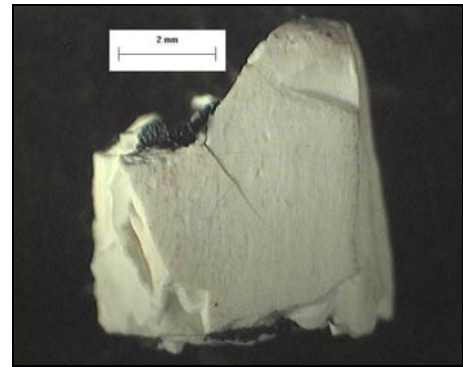


Figura 16. Remanente de composite P 4 posterior al calentamiento controlado de hasta 800°C.



Figura 17. Equipo Analizador Termogravimétrico SDT 2960 Simultaneous DTA-TGA (Analizador simultáneo TA-2).

3.2.4. Análisis Termomecánico.

Consiste en el análisis de alteraciones en el volumen de los tres composites a temperaturas elevadas.

El inicio de distorsión por degradación al calor de las muestras de composite es medida por el Analizador Termomecánico TMA 2940 Termomechanical Analyzer TA Instruments (Analizador Termomecánico TMA-1) conectado a un ordenador (IBM) Thermal análisis 2100 TA Instruments.

El procedimiento consiste en confeccionar otras 12 muestras de acuerdo a la misma metodología anteriormente descrita en esta investigación. Cinco semanas después, las hojuelas resultantes de cada composite son colocadas individualmente sobre una probeta de cuarzo, con dos terminales sensibles a los cambios dimensionales que experimentan los materiales analizados por este método, dentro del equipo analizador Termomecánico; la temperatura aumenta gradualmente a un ritmo de 10 °C por minuto, dentro de una atmósfera estática.



Figura 18. Equipo Analizador Termomecánico.



Figura 19. Probeta de la analizadora TMA 2940 utilizada para analizar la distorsión se colocan las muestras de composite.

3.2.5. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza a los resultados de las pruebas de microdureza de tres composites fotocurados con cuatro lámparas distintas, para lo cual se utilizó el paquete estadístico Minitab versión 13.0 diseñando un modelo lineal que contrasta a las variantes: Microdureza vs. Lámpara; Composite; Sitio; Tiempo. Aplicando los test de Student-Newman-Keuls, así como HSD de Tukey⁵⁶ Con intervalo de confianza para la media al 95%

Para el análisis de los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se empleó un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para obtener una comparativa de acuerdo a los 5 diferentes espesores de las muestras.

Los resultados de termogravimetría y termomecánicos se someten a análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo.

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA DUROMETRÍA.

A continuación se detallan los resultados de microdureza obtenidos (medias y desviaciones estándar) para cada material y lámpara evaluados, según el sitio donde se realizó la indentación, el espesor de las muestras y tiempo de medición.

Tabla 7. Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Point 4 Kerr.

		1 DÍA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	45.7 (3.9)	62.3 (1.3)	59.0 (5.7)	67.8 (11.1)	54.4 (9.9)
	Fondo	57.0 (12.0)	51.2 (3.6)	41.4 (6.1)	38.3 (3.3)	36.2 (2.2)
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	60.4 (4.6)	83.0 (12.4)	55.4 (3.1)	55.8 (8.4)	53.3 (3.6)
	Fondo	49.9 (3.5)	49.5 (2.8)	49.9 (2.9)	42.4 (0.5)	49.8 (8.2)
LED 400 mW/cm ²	Superficie	63.8 (10.6)	57 (4.7)	76.3 (9.1)	67.0 (14.6)	50.8 (7.8)
	Fondo	57,6 (7,8)	50.8 (0,6)	48,6 (3,5)	23.8 (4,5)	24.4 (4,6)
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	51.9 (1.1)	54.9 (7.5)	48.2 (1.9)	40.9 (3.9)	48.8 (5.0)
	Fondo	55.2 (1.8)	46.1 (8.2)	41.0 (2.6)	28.6 (3.8)	26.6 (4.1)
		1 SEMANA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	59.5 (2.7)	59.3 (3.6)	58.8 (2.4)	53.1 (0.2)	50.2 (4.2)
	Fondo	47.2 (5.7)	49.3 (5.7)	42.9 (7.3)	38.9 (5.6)	37.8 (4.5)
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	64.4 (5.1)	66.7 (2.0)	76.3 (14.4)	49.9 (3.3)	65.0 (1.5)
	Fondo	70.9 (16.8)	55.1 (1.8)	47.5 (2.4)	48.0 (3.8)	42.3 (4.0)
LED 400 mW/cm ²	Superficie	59.1 (3.8)	47.8 (3.0)	51.2 (2.6)	55.9 (5.3)	56.8 (10.0)
	Fondo	57,2 (1,6)	44.5 (1,4)	45.5 (3,9)	23.8 (6,7)	28.6 (5,4)
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	51.7 (8.8)	42.1 (3.8)	47.0 (2.1)	38.9 (0.2)	44.9 (9.4)
	Fondo	46.1 (7.9)	44.9 (1.3)	41.6 (3.7)	24.9 (7.5)	26.3 (5.0)

MICRODUREZA DE TRES TIPOS DE COMPOSITE FOTOPOLIMERIZADOS
CON LUZ HALÓGENA Y POR DIODOEMISIÓN DE LUZ

Tabla 7 (continuación). Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Point 4 Kerr.

		1 MES				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	56.3 (3.1)	54.5 (11.6)	52.8 (3.4)	55.0 (3.9)	48.1 (4.3)
	Fondo	54.4 (4.6)	42.7 (2.1)	43.7 (2.5)	43.3 (4.3)	28.7 (5.1)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	63.6 (5.1)	68.3 (2.7)	64.5 (11.4)	61.9 (9.3)	60.3 (8.4)
	Fondo	63.5 (3.8)	66.0 (2.2)	59.3 (3.6)	58.1 (1.2)	37.6 (11.1)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	50.3 (3.1)	56.4 (2.3)	49.1 (2.2)	44.6 (7.6)	58.6 (4.9)
	Fondo	49.2 (4.8)	45.8 (5.5)	54.5 (4.1)	20.3 (0.5)	27.5 (5.5)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	46.6 (2.8)	47.9 (5.7)	42.6 (4.0)	50.5 (7.8)	44.7 (6.4)
	Fondo	42.4 (4.5)	46.5 (3.0)	43.5 (1.6)	30.2 (5.0)	22.9 (0.7)

54

Tabla 8. Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Filtek Z2553M.

		1 DÍA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	87.9 (7.0)	88.3 (13.4)	73.5 (9.8)	81.6 (15.7)	76.4 (13.0)
	Fondo	78.6 (4.1)	92.7 (12.3)	74.3 (5.0)	54.2 (4.0)	42.4 (3.4)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	104 (2.5)	85.8 (7.0)	94.1 (1.4)	83.9 (5.3)	77 (6.4)
	Fondo	76.3 (8.8)	74.3 (13.5)	74.3 (13.5)	67.3 (11.4)	56.7 (9.5)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	79.6 (5.9)	74.3 (3.2)	82.4 (2.4)	85.1 (11.9)	70.9 (7.9)
	Fondo	72.6 (4.9)	65 (5.4)	75.3 (7.4)	50.5 (11.3)	49.8 (4.1)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	65.5 (8.1)	62.4 (3.5)	58.9 (3.6)	61.9 (3.4)	59.6 (2.5)
	Fondo	54.1 (3.6)	63.6 (9.4)	56.2 (12.5)	43.5 (5.5)	29.9 (1.5)

Tabla 8 (continuación). Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Filtek Z2553M.

		1 SEMANA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	94.1 (10.1)	78.1 (6.9)	97.8 (8.3)	76.6 (12.6)	70.3 (5.6)
	Fondo	84.8 (3.4)	80.0 (7.5)	64.9 (6.2)	73.8 (12.5)	46.9 (8.8)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	94.7 (14.6)	79.7 (8.8)	81.2 (3.7)	71.6 (6.5)	75.7 (6)
	Fondo	75.9 (4.4)	73.6 (10.1)	78.2 (1.9)	67.7 (6.6)	56.1 (9.9)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	85.9 (5.6)	70.9 (9.0)	83.2 (2.4)	76.5 (16.4)	58.3 (6.3)
	Fondo	57.9 (13.3)	57.2 (7.3)	82.0 (1.5)	52.7 (1.5)	51 (6.7)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	72.2 (5.1)	64.6 (1.5)	58.9 (2)	60.6 (5.2)	56.9 (4.6)
	Fondo	49.9 (5.0)	63.5 (4.9)	54.6 (6.4)	44 (5.7)	31.0 (4.5)
		1 MES				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	63.1 (9.5)	64.2 (2.4)	73.7 (7.5)	65.9 (4.6)	66.8 (7.5)
	Fondo	68.4 (0.1)	70.5 (2.1)	72.4 (8.9)	55.2 (5.7)	39.8 (1.7)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	93.5 (1.1)	94 (10.5)	91.8 (12.3)	61.6 (1.7)	72.9 (3.8)
	Fondo	80.8 (0.9)	75.5 (6.2)	79.0 (3.3)	59.9 (5.5)	62.7 (6.2)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	64.6 (7.8)	62.3 (5.6)	78.8 (7.6)	84.8 (6.9)	58.8 (9.5)
	Fondo	47.9 (7.9)	49.9 (4.7)	65.2 (5.8)	49.2 (1.6)	56.2 (3.5)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	80.4 (4.4)	68.4 (3.0)	58.5 (6.0)	68.6 (10.6)	58.6 (6.3)
	Fondo	71.5 (11.7)	71.1 (4.7)	64.3 (3.6)	38.7 (8.1)	39.0 (4.2)

Tabla 9. Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Quixfil Dentsply.

		1 DÍA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	77.8 (2.8)	76.3 (7.9)	68.8 (7.4)	70.2 (7.3)	75.7 (1.5)
	Fondo	70.8 (6.2)	72.4 (5.2)	53.6 (9.4)	66.9 (10.1)	63.0 (12.5)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	85.0 (2.1)	82.4 (4.7)	86.2 (10.6)	74.4 (6.0)	69.8 (3.8)
	Fondo	69.7 (8.4)	75.8 (7.6)	70.7 (8.1)	68.3 (4.0)	64.2 (4.0)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	84.8 (6.4)	72.9 (3.8)	86.1 (6.3)	78.4 (8.5)	64.7 (13.3)
	Fondo	84.1 (3.9)	63.6 (4.3)	82.1 (1.9)	65.1 (7.5)	55.2 (8.2)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	81.0 (11.6)	68.2 (6.4)	80.6 (10.9)	68.9 (9.0)	60.7 (1.0)
	Fondo	69.2 (8.8)	79.8 (4.7)	72.1 (1.4)	66.6 (3.0)	50.8 (5.6)
		1 SEMANA				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	84.4 (14.0)	82.6 (5.1)	81.0 (2.2)	79.8 (13.5)	67.0 (8.2)
	Fondo	79.1 (1.8)	70.2 (1.8)	72.4 (10.2)	75.5 (11.0)	61.8 (2.8)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	74.8 (15.5)	69.9 (6.8)	78.6 (11.2)	85.2 (12.3)	94.1 (18.3)
	Fondo	73.4 (5.7)	60.3 (2.4)	58.1 (3.3)	58.9 (4.9)	55.1 (2.9)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	71.8 (3.1)	84.9 (7.6)	87.1 (9.2)	73.5 (7.2)	64.0 (10.4)
	Fondo	78.5 (7.9)	53.5 (3.6)	81.2 (6.0)	70.4 (7.1)	49.2 (5.5)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	62.7 (7.5)	66.6 (3.6)	85.3 (8.8)	69.5 (7.9)	67.8 (3.6)
	Fondo	57.9 (10.4)	55.9 (3.9)	64.1 (6.1)	65.5 (7.5)	52.0 (5.4)

Tabla 9 (continuación). Valores de microdureza x (ds) obtenidos para el composite Quixfil Dentsply.

		1 MES				
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 200 mW/cm ²	Superficie	72.2 (5.3)	66.7 (5.7)	75.8 (4.1)	82.3 (3.1)	76.1 (7.1)
	Fondo	71.4 (0.4)	67.3 (4.7)	63.2 (9.7)	63.3 (6.2)	60.8 (6.9)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 400 mW/cm ²	Superficie	87.0 (5.9)	78.7 (5.1)	74.7 (8.2)	66.2 (5.6)	62.6 (7.3)
	Fondo	82.4 (2.1)	78.7 (8.8)	85.2 (2.4)	61.5 (11.2)	60.0 (7.4)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
LED 400 mW/cm ²	Superficie	83.5 (7.6)	76.3 (12.5)	82 (6.9)	96.9 (2.7)	87.8 (8.8)
	Fondo	69.8 (0.8)	65.1 (1.1)	78.6 (7.2)	55.7 (3.0)	61.4 (5.0)
		1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Halógena 200 mW/cm ²	Superficie	58.5 (9.8)	51.3 (6.4)	58.2 (8.2)	77.4 (1.6)	64.6 (3.9)
	Fondo	66.6 (5.7)	59.1 (2.8)	68.0 (8.1)	67.3 (3.5)	65.0 (2.1)

La variable dependiente estudiada fue la microdureza de los especímenes de resina compuesta. Las variables independientes fueron el material utilizado (Point 4, Z250 y Quixfil), la lámpara evaluada (halógena Max Lite con 200 mW/cm² y 400 mW/cm² de densidad de potencia y las lámparas LED, Gnatus de 200 mW/cm² y Lume II de 400mW/cm²), si las medidas se realizaron en la superficie o en el fondo, el espesor de las muestras (1, 2, 3, 4 y 5 mm) y el tiempo en el que se realizaron las mediciones (un día, una semana o un mes).

Como se refleja en la tabla 10, todas las variables independientes evaluadas, así como sus interacciones influyeron estadísticamente en la microdureza ($p < 0.0001$).

RESULTADOS

Tabla 10. Influencia de todas las variables: composite, lámpara, sitio, profundidad y tiempo en la microdureza.

Fuente	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROFUNDIDAD	4	6870,11	144,379	,000
TIEMPO	2	471,64	9,912	,000
COMPOSITE	2	49592,09	1042,203	,000
LAMPARA	3	9221,124	193,786	,000
SITIO	1	33827,37	710,899	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO	8	150,825	3,170	,002
PROFUNDIDAD * COMPOSITE	8	548,331	11,523	,000
TIEMPO * COMPOSITE	4	89,399	1,879	,112
PROFUNDIDAD * TIEMPO * COMPOSITE	16	83,325	1,751	,034
PROFUNDIDAD * LAMPARA	12	341,115	7,169	,000
TIEMPO * LAMPARA	6	451,957	9,498	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA	24	190,728	4,008	,000
COMPOSITE * LAMPARA	6	956,734	20,106	,000
PROFUNDIDAD * COMPOSITE * LAMPARA	24	186,470	3,919	,000
TIEMPO * COMPOSITE * LAMPARA	12	365,081	7,672	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * COMPOSITE * LAMPARA	48	139,922	2,941	,000
PROFUNDIDAD * SITIO	4	1592,041	33,458	,000
TIEMPO * SITIO	2	329,472	6,924	,001
PROFUNDIDAD * TIEMPO * SITIO	8	163,302	3,432	,001
COMPOSITE * SITIO	2	471,648	9,912	,000
PROFUNDIDAD * COMPOSITE * SITIO	8	244,634	5,141	,000
TIEMPO * COMPOSITE * SITIO	4	117,879	2,477	,043
PROFUNDIDAD * TIEMPO * COMPOSITE * SITIO	16	182,069	3,826	,000
LAMPARA * SITIO	3	449,775	9,452	,000
PROFUNDIDAD * LAMPARA * SITIO	12	314,976	6,619	,000
TIEMPO * LAMPARA * SITIO	6	146,745	3,084	,005
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA * SITIO	24	116,595	2,450	,000
COMPOSITE * LAMPARA * SITIO	6	55,735	1,171	,320
PROFUNDIDAD * COMPOSITE * LAMPARA * SITIO	24	143,451	3,015	,000
TIEMPO * COMPOSITE * LAMPARA * SITIO	12	175,857	3,696	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * COMPOSITE * LAMPARA * SITIO	48	89,124	1,873	,000

58

Al comparar los resultados obtenidos con las distintas lámparas evaluadas mediante el test de ANOVA se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro ($p < 0.0001$), de tal forma que los valores obtenidos con la

lámpara halógena de 400 mW/cm² son superiores a los obtenidos con las lámparas LED, que son entre sí similares, y a su vez más altos que los registrados con la lámpara halógena de 200 mW/cm² ($p < 0.05$).

Tabla 11. Microdureza obtenida por las cuatro lámparas en general.

	N	Media	Desviación típica
LED200	270	64.4 a	15.9
Hallog400	270	69.4 b	14.9
LED400	270	62.8 a	17.5
Hallog200	270	55.3 c	14.8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a las resinas compuestas utilizadas, ANOVA mostró que había diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p < 0.0001$), de tal forma que Quixfil era significativamente más duro que Filtek Z250, y éste a su vez lo era respecto a Point 4 ($p < 0.05$).

Tabla 12. Microdureza obtenida por las cuatro resinas en general.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	360	49,5 a	12,9
Z250	360	68,4 b	15,8
Quixfil	360	71,1 c	11,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores registrados en la superficie de las muestras y en la cara más profunda, también había diferencias estadísticamente significativas, siendo más altas las medidas superficiales ($p < 0.0001$).

Tabla 13. Diferencia de la microdureza total en superficie y en fondo.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	540	68.6 a	15.0
Fondo	540	57.4 b	16.2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al analizar los valores obtenidos pasados un día, una semana o un mes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.18$).

Tabla 14. Microdureza general en tres tiempos.

	N	Media	Desviación típica
Un día	360	64,2 a	16,9
Una semana	360	62,8 a	17.0
Un mes	360	61,9 a	15,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

60

Cuando se compararon los resultados obtenidos según el espesor de las muestras, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Las medidas obtenidas en especímenes de 1, 2 y 3 mm eran iguales entre sí y superiores a las registradas para espesores de 4 y 5 mm. Por último, los especímenes de 5 mm de espesor presentaban una dureza media estadísticamente inferior a la registrada en los especímenes con un espesor menor.

Tabla 15. Microdureza general a 5 profundidades.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	216	68,4 a	15,2
2 mm	216	65,3 a	13,8
3 mm	216	66,8 a	15,9
4 mm	216	59,8 b	17,8
5 mm	216	54,7 c	16,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Puesto que las interrelaciones eran significativas, se seleccionaron los resultados de microdureza obtenidos con cada uno de los composites, comenzando por el Point 4, para evaluar el efecto de las distintas variables en los mismos.

Tal y como se refleja en la tabla, influyeron todas las variables independientes, la lámpara utilizada, el sitio de medición, el espesor de las muestras y el tiempo en el que se hicieron las indentaciones, así como la mayoría de las interacciones.

Tabla 16. Resultados del composite Point 4. Variable dependiente: MEDICION.

Fuente	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROFUNDIDAD	4	2334,032	66,642	,000
TIEMPO	2	108,236	3,090	,047
LAMPARA	3	3753,441	107,169	,000
SITIO	1	12968,401	370,277	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO	8	87,747	2,505	,012
PROFUNDIDAD * LAMPARA	12	129,026	3,684	,000
TIEMPO * LAMPARA	6	210,797	6,019	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA	24	101,598	2,901	,000
PROFUNDIDAD * SITIO	4	1032,199	29,472	,000
TIEMPO * SITIO	2	158,149	4,516	,012
PROFUNDIDAD * TIEMPO * SITIO	8	134,996	3,854	,000
LAMPARA * SITIO	3	213,153	6,086	,001
PROFUNDIDAD * LAMPARA * SITIO	12	184,735	5,275	,000
TIEMPO * LAMPARA * SITIO	6	45,355	1,295	,260
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA * SITIO	24	110,084	3,143	,000

Si se comparan los resultados obtenidos con las distintas lámparas las diferencias son estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). De tal forma que los valores obtenidos con la halógena de 400 mW/cm² son estadísticamente superiores a los obtenidos con las lámparas LED que son similares entre ellos. Los obtenidos para la lámpara halógena 200 mW/cm² son significativamente inferiores al resto.

Tabla 17. Influencia de las 4 lámparas sobre el composite Point 4.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	49,7 b	10,0
Halog400	90	57,9 a	11,7
LED400	90	48,2 b	14,5
Halog200	90	42,3 c	9,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Si se comparan los valores de microdureza obtenidos en la cara superficial y profunda de las muestras, sin distinguir la lámpara o el tiempo, los resultados obtenidos se reflejan en la tabla. Los valores medidos en la superficie fueron estadísticamente superiores a los del fondo (p<0.0001).

Tabla 18. Influencia del sitio sobre el composite Point 4.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	55.5 a	10,4
Fondo	180	43.5 b	12.3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al evaluar el efecto general del espesor de la muestra, tal y como aparece en la tabla, había diferencias significativas entre las microdurezas registradas (p<0.0001). De tal forma que, los valores obtenidos en las muestras de 4 y 5 mm fueron significativamente inferiores a los de las muestras de 1, 2 y 3 mm que eran similares entre ellos.

Tabla 19. Influencia del espesor de la muestra sobre el composite Point 4.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	55,2 a	8,9
2 mm	72	53,9 a	10,6
3 mm	72	51,7 a	10,8
4 mm	72	44,3 b	14,6
5 mm	72	42,7 b	13,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

A diferencia de las otras variables, el tiempo no influyó en los resultados obtenidos ($p = 0.521$).

Tabla 20. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4.

	N	Media	Desviación típica
Un día	120	50,6 a	13,6
Una semana	120	49,0 a	12,7
Un mes	120	50,6 a	13,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al ser las interacciones significativas se seleccionaron, a su vez, los valores de microdureza obtenidos con la lámpara LED de 200 mW/cm^2 para estudiar el efecto del sitio de medida, profundidad y tiempo.

Se observó que el tiempo no influía en los resultados, a diferencia del sitio de medida y la profundidad, pero al influir en las interacciones tiempo-profundidad-sitio, se analizó el efecto de cada variable individualmente ($p < 0.05$).

Los valores registrados en la superficie fueron estadísticamente superiores ($p < 0.0001$).

Tabla 21. Influencia de la lámpara LED de 200 mW/cm² en superficie y fondo de las muestras de composite Point 4.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	55,8 a	7.3
Fondo	45	43.5 b	8.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al efecto del espesor de las muestras, la microdureza registrada fue significativamente menor en las de 5 mm en comparación con las de 1 y 2 mm. Las de 1, 2, 3 y 4 mm presentaron valores similares, del mismo modo que eran estadísticamente iguales los valores registrados en las de 3, 4 y 5 mm (p<0.01).

Tabla 22. Influencia del espesor sobre el composite Point 4 polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	53,3 a	7,4
2 mm	18	53,2 a	8,2
3 mm	18	49,8 ab	8,7
4 mm	18	49,4 ab	11,8
5 mm	18	42,6 b	10,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al tiempo, no se observó influencia del mismo en las microdurezas obtenidas (p=0.432).

Tabla 23. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	51,3 a	11,8
Una semana	30	49,7 a	8,7
Un mes	30	47,9 a	9,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al ser las interacciones significativas, se evaluaron por separado los resultados obtenidos en la superficie y en el fondo de las muestras, en los valores obtenidos en la superficie, no influyo el tiempo de medición ($p=0.239$).

Tabla 24. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm² en superficie.

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	57,8 a	9,9
Una semana	15	56,2 a	4,7
Un mes	15	53,3 a	6.0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

En los registros tomados en la parte más profunda de las muestras, se evaluó el efecto del espesor de las muestras y el tiempo de la medición, de tal forma que únicamente el espesor influyó en los resultados ($p<0.0001$). Como queda reflejado en la tabla, los valores obtenidos en muestras de 1 y 2 mm de espesor eran similares. Los registrados en las muestras de 3 mm eran similares a los de 2 y 4 mm, pero estadísticamente inferiores a los de 1 mm y superiores a los de 4 mm. Los medidos en muestras de 4 mm eran significativamente inferiores al resto, a excepción de los especímenes de 5 mm de espesor.

Tabla 25. Influencia del espesor sobre el composite Point 4 polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm² en profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	52,856 a	8,2920
2 mm	9	47,700 ab	5,2386
3 mm	9	42,667 bc	5,0426
4 mm	9	40,178 c	4,5494
5 mm	9	34,222 d	5,5208

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

Cuando se evaluaron los resultados obtenidos para el composite Point 4 y polimerizados con la lámpara halógena de 400 mW/cm², se observó que influía el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y las interacciones entre estos factores (p<0.05).

Los resultados obtenidos en la superficie fueron estadísticamente superiores a los registrados en el fondo (p<0.001).

Tabla 26. Influencia del sitio sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	63.3 a	10.4
Fondo	45	52.6 b	10.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al efecto del espesor de las muestras, también se registraron diferencias estadísticamente significativas (p<0.01). Las muestras de 4 y 5 mm eran más blandas que las de 1 y 2 mm. Las de 3 mm presentaron valores intermedios sin que hubiera diferencias con el resto.

Tabla 27. Influencia del espesor sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	62,1 a	9,3
2 mm	18	64, 8 a	11,9
3 mm	18	58,8 ab	11,9
4 mm	18	52,7 b	8,2
5 mm	18	51,4 b	11,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

El tiempo de registro tampoco influyó en los valores obtenidos (p=0.189), pero sí su interacción con otras variables.

Tabla 28. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	54,9 a	11,7
Una semana	30	58,6 a	12,8
Un mes	30	60,3 a	10,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron las muestras tomadas únicamente en la parte superficial se observó que el tiempo no influía en los registros tomados ($p = 0.736$).

Tabla 29. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 y polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm² en superficie.

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	61,6 a	12,9
Una semana	15	64,5 a	10,6
Un mes	15	63,7 a	7,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En el caso de las medidas registradas en la cara más profunda de las muestras, el espesor de las mismas ($p < 0.0001$) influyó, pero no el tiempo de registro ($p = 0.77$) significativamente.

Tabla 30. Influencia del espesor sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm² en profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	61,4 a	12,7
2 mm	9	56,9 ab	7,5
3 mm	9	52,2 ab	6,0
4 mm	9	49,5 bc	7,2
5 mm	9	43,2 c	8,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Las muestras de 1 mm de espesor eran las más duras, sin diferencias estadísticas respecto a las de 2 y 3 mm. Las muestras de estos tres espesores eran significativamente más duras en su cara profunda que las de 5 mm.

De nuevo, el tiempo de medición no influyó en la dureza registrada.

Tabla 31. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 y polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm² en profundidad.

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	48,3 a	4,8
Una semana	15	52,7 a	12,3
Un mes	15	56,9 a	11,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Cuando se evaluaron los resultados obtenidos para el composite Point 4 y polimerizados con la lámpara LED de 400 mW/cm², se observó que influía el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y las interacciones entre estos factores (p<0.05).

De nuevo, los valores registrados en la superficie eran estadísticamente más elevados (p<0.001).

Tabla 32. Influencia del sitio sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	56.3 a	9.9
Fondo	45	40.1 b	13.9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

El espesor de los especímenes sí influyó significativamente en los valores de microdureza (p<0.001), siendo inferiores para los de 4 y 5 mm, sin diferencias entre ellos.

Tabla 33. Influencia del espesor de las muestras del composite Point 4 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	56,2 a	7,3
2 mm	18	50,4 a	5,8
3 mm	18	54,2 a	11,3
4 mm	18	39,3 b	19,5
5 mm	18	41,1 b	16,0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al tiempo, ANOVA no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las muestras medidas pasados un día, una semana o un mes ($p = 0.203$).

Tabla 34. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	52,0 a	17,6
Una semana	30	47,0 a	12,4
Un mes	30	45,6 a	12,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al analizar únicamente las medidas realizadas en la superficie, el tiempo de medición influyó significativamente en la dureza ($p < 0.01$), siendo más altos los valores registrados un día después de preparar las muestras.

Tabla 35. Influencia del tiempo sobre las superficies del composite Point 4 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	63,0 a	12,3
Una semana	15	54,1 b	6,4
Un mes	15	51,8 b	6,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En el caso de los valores registrados en la parte más profunda de las muestras, no influyó ni el tiempo ($p=0.63$), ni la interacción tiempo-espesor ($p=0.06$) y sí el espesor de las mismas ($p<0.0001$). Las microdurezas eran significativamente más bajas en las muestras de 4 y 5 mm de espesor, sin diferencias entre sí. Las registradas en muestras de 2 y 3 mm de espesor también eran similares entre ellas y estadísticamente inferiores a las registradas en las de 1 mm.

Tabla 36. Influencia del espesor del composite Point 4 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	54,6 a	6,2
2 mm	9	47,0 b	4,0
3 mm	9	49,5 b	5,2
4 mm	9	22,7 c	4,4
5 mm	9	26,8 c	4,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

70

Si se evalúan los resultados obtenidos para el composite Point 4 y polimerizados con la lámpara halógena de 200 mW/cm², se observa que influye el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y algunas de las interacciones entre estos factores (espesor-tiempo y profundidad-sitio; $p<0.05$).

De nuevo, las muestras eran significativamente más duras en la superficie que en el fondo ($p<0.001$).

Tabla 37. Influencia del sitio sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	46.8 a	6.3
Fondo	45	37.8 b	10.6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

El espesor de las muestras sí influyó significativamente en la dureza ($p < 0.0001$), siendo en las muestras de 4 y 5 mm significativamente inferior a la registrada cuando los espesores son de 1, 2 y 3 mm.

Tabla 38. Influencia del espesor sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	49,0 a	6,3
2 mm	18	47,1 a	6,1
3 mm	18	44,0 a	3,6
4 mm	18	35,7 b	10,0
5 mm	18	35,7 b	11,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El tiempo en el que se realizan las indentaciones no influyó en los valores de microdureza registrados ($p = 0.383$).

Tabla 39. Influencia del tiempo sobre el composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	44,2 a	10,4
Una semana	30	40,8 a	9,7
Un mes	30	41,8 a	9,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al analizar únicamente las medidas registradas en la superficie de los especímenes, el tiempo no influyó en los valores ($p = 0.209$).

Tabla 40. Influencia del tiempo sobre las superficies composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	49,0 a	6,2
Una semana	15	44,9 a	6,8
Un mes	15	46,5 a	5,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En el caso de los valores registrados en la parte más profunda de las muestras, no influyó ni el tiempo (p=0.222), ni la interacción tiempo-espesor (p=0.168) y sí el espesor de las mismas (p<0.0001). Las microdurezas eran significativamente más bajas en las muestras de 4 y 5 mm de espesor, sin diferencias entre sí. Las registradas en muestras de 2 y 3 mm de espesor también eran similares entre ellas y, únicamente para las muestras de 3 mm de espesor, estadísticamente inferiores a las registradas en las de 1 mm.

72

Tabla 41. Influencia del espesor composite Point 4 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	47,9 a	7,4
2 mm	9	45,8 ab	4,5
3 mm	9	42,0 b	2,6
4 mm	9	27,9 c	5,4
5 mm	9	25,3 c	3,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

A continuación se analizan los valores de microdureza obtenidos para la resina compuesta Filtek Z250 con el fin de evaluar el efecto de las distintas variables en los mismos.

Tabla 42. Valores generales de Filtek Z250. Variable dependiente: MEDICION.

Fuente	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROFUNDIDAD	4	4385,984	79,284	,000
TIEMPO	2	474,393	8,575	,000
LAMPARA	3	6283,756	113,589	,000
SITIO	1	15132,100	273,538	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO	8	84,241	1,523	,150
PROFUNDIDAD * LAMPARA	12	346,288	6,260	,000
TIEMPO * LAMPARA	6	689,818	12,470	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA	24	140,916	2,547	,000
PROFUNDIDAD * SITIO	4	804,846	14,549	,000
TIEMPO * SITIO	2	144,488	2,612	,075
PROFUNDIDAD * TIEMPO * SITIO	8	132,353	2,392	,017
LAMPARA * SITIO	3	101,562	1,836	,141
PROFUNDIDAD * LAMPARA * SITIO	12	330,559	5,975	,000
TIEMPO * LAMPARA * SITIO	6	73,853	1,335	,242
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA * SITIO	24	92,106	1,665	,030

Como se observa en la tabla, influyeron en los valores de microdureza tanto la lámpara utilizada, como el sitio dónde se realizaron las huellas, el espesor de las muestras, el tiempo transcurrido desde la preparación de las muestras hasta su medida y las interacciones entre estos factores ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los resultados obtenidos con las distintas lámparas las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). De tal forma que los valores obtenidos con la halógena de 400 mW/cm^2 fueron estadísticamente superiores a los obtenidos con las demás. Los registrados utilizando las lámparas LED fueron intermedios entre los conseguidos con las dos lámparas halógenas, siendo superiores para la LED de 200 mW/cm^2 .

Tabla 43. Influencia de las 4 lámparas sobre los valores generales del composite Filtek Z 250.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	71,9 b	15,7
Halog400	90	77,3 a	13,4
LED400	90	66,6 c	14,1
Halog200	90	57,7 d	13.0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al comparar los resultados de microdureza obtenidos en la superficie y en la profundidad, se observó que los valores del fondo eran significativamente más bajos (p<0.0001).

Tabla 44. Influencia del sitio sobre los valores generales del composite Filtek Z 250.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	74.9 a	13.5
Fondo	180	61.9 b	15.3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto a la influencia del espesor de las muestras, también se detectaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.0001).

Los valores obtenidos para espesores de 1, 2 y 3 mm fueron superiores sin diferencias entre ellos. Cuando los especímenes eran de 4 mm de espesor la dureza media era estadísticamente inferior en comparación con espesores menores, pero superior en relación a espesores de 5 mm.

Tabla 45. Influencia del espesor sobre los valores generales del composite Filtek Z 250.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	75, 2 a	15,6
2 mm	72	72,1 a	12,5
3 mm	72	73,9 a	13,1
4 mm	72	64.0 b	15,2
5 mm	72	56,810 c	14,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al tiempo en que se realizan las mediciones no influyó en la dureza registrada ($p = 0.150$).

Tabla 46. Influencia del tiempo sobre los valores generales del composite Filtek Z 250.

	N	Media	Desviación típica
Un día	120	70,1 a	16,8
Una semana	120	68,8 a	15,9
Un mes	120	66,2 a	14,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al ser las interacciones significativas se seleccionan, a su vez, los valores de microdureza obtenidos con la lámpara LED de 200 mW/cm^2 para estudiar el efecto del sitio de medida, profundidad y tiempo. Influyeron sitio en el que se realizaron las medidas, el espesor de las muestras y el tiempo de medición, así como la mayoría de las interacciones entre estos factores ($p < 0.05$). Si se analizan los valores que obtenidos en la superficie y en la profundidad, las del fondo eran significativamente más bajos ($p < 0.01$).

Tabla 47. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm^2 .

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	77.2 a	13.2
Fondo	45	66.6 b	2.4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al espesor de las muestras, las de 5 mm presentaron una dureza media significativamente menor ($p < 0.001$).

Tabla 48. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	79,5 a	12,5
2 mm	18	78,9 a	12,4
3 mm	18	76,1 a	12,4
4 mm	18	67,9 a	13,8
5 mm	18	57,1 b	16,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El tiempo de medición también influyó significativamente ($p < 0.01$), de tal forma que los registrados un mes después fueron significativamente inferiores a los registrados un día o una semana después.

76

Tabla 49. Influencia del tiempo sobre el composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	75.0 a	17,2
Una semana	30	76,7 a	15,8
Un mes	30	64.0 b	10,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Seleccionando únicamente las medias registradas en la superficie también se detectó influencia del tiempo de medición ($p < 0.0001$), de tal forma que los valores de día y semana eran iguales, mientras que los de 1 mes eran significativamente más bajos.

Tabla 50. Influencia del tiempo sobre las superficies del composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	81,5 a	12,0
Una semana	15	83,4 a	13,4
Un mes	15	66,7 b	6,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se analizaron las medidas realizadas en el fondo de las muestras, no se observó influencia del tiempo de medición ($p = 0.298$).

Tabla 51. Influencia del tiempo sobre las superficies del composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	68,5 a	19,4
Una semana	15	70,1 a	15,5
Un mes	15	61,2 a	13,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Por el contrario, sí se observó una influencia estadísticamente significativa del espesor de las muestras en la dureza registrada ($p < 0.0001$).

Las medidas obtenidas en especímenes de 1, 2 y 3 mm fueron iguales entre sí y superiores a las registradas para espesores de 4 y 5 mm. Por último, los especímenes de 5 mm de espesor presentaban una dureza media estadísticamente inferior a la registrada en los especímenes con un espesor menor.

Tabla 52. Influencia del espesor del composite Filtek Z 250 polimerizado con la lámpara LED de 200 mW/cm² a profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	77,3 a	7,7
2 mm	9	81,1 a	12,1
3 mm	9	70,5 a	7,4
4 mm	9	61,1 b	12,0
5 mm	9	43,0 c	5,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al evaluar los resultados obtenidos para el composite Filtek Z250 y polimerizados con la lámpara halógena de 400 mW/cm², se observó que únicamente influían en la dureza el sitio en el que se realizan las mediciones y el espesor de las muestras (p<0.05).

De nuevo, las medidas registradas en la superficie eran significativamente más elevadas que las del fondo (p<0.0001).

Tabla 53. Influencia del sitio en el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	84.1 a	12.6
Fondo	45	70.5 b	10.6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En el caso del efecto del espesor de las muestras, también se observaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.0001), siendo en las muestras de 4 y 5 mm la dureza significativamente inferior a la registrada cuando los espesores eran de 1, 2 y 3 mm.

Tabla 54. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	87,5 a	12,4
2 mm	18	80,5 a	11,1
3 mm	18	83,1 a	9,9
4 mm	18	68,6 b	9,9
5 mm	18	66,8 b	10,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Como se mencionó anteriormente el tiempo no influyó en los valores obtenidos ($p = 0.891$).

Tabla 55. Influencia del tiempo sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	69,7 a	12,3
Una semana	15	70,3 a	10,3
Un mes	15	71,6 a	9,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Si se evalúan los resultados obtenidos para el composite Filtek Z250 y polimerizados con la lámpara LED de 400 mW/cm², se observa que influye el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y algunas de las interacciones entre estos factores (espesor-tiempo y espesor-sitio; $p < 0.05$). Como en casos anteriores, las durezas registradas en la superficie de las muestras fueron superiores a las obtenidas en la cara más profunda ($p < 0.0001$).

Tabla 56. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	74.4 a	11.6
Fondo	45	58.8 b	11.9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

También había una influencia estadísticamente significativa del espesor de las muestras ($p < 0.0001$), de tal forma que las de 3 mm eran estadísticamente más duras que el resto.

Tabla 57. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	68,1 a	14,9
2 mm	18	63,3 a	9,9
3 mm	18	77,8 b	7,8
4 mm	18	66,5 a	18,5
5 mm	18	57,5 a	9,0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En el caso de la variable tiempo de medición, también se observó su influencia ($p < 0.05$). Los valores registrados pasadas 24 horas eran similares a los medidos una semana después y significativamente superiores a los de un mes. Los valores tomados pasadas una semana y un mes eran, a su vez, estadísticamente similares.

Tabla 58. Influencia del tiempo sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	70,6 a	13,2
Una semana	30	67,6 ab	14,9
Un mes	30	61,8 b	13,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron los valores tomados en la cara más profunda, el espesor de las muestras influyó significativamente en los valores de dureza obtenidos ($p < 0.0001$), siendo significativamente más duras las muestras de 3 mm de espesor.

Tabla 59. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	59,5 b	13,5
2 mm	9	57,3 b	8,3
3 mm	9	74,2 a	8,8
4 mm	9	50,8 b	6,0
5 mm	9	52,3 b	5,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se evaluaron los resultados obtenidos para el composite Filtek Z250 y polimerizados con la lámpara halógena de 200 mW/cm², se observó que influía el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y la interacción entre el sitio en el que se realizan las indentaciones y el espesor de los especímenes ($p < 0.05$).

Como en casos anteriores, los valores registrados en la superficie de las muestras eran estadísticamente superiores a los medidos en la cara más profunda de las mismas ($p < 0.0001$).

Tabla 60. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	63.7 a	7.6
Fondo	45	51.7 b	14.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

También se observó una influencia del espesor de las muestras ($p < 0.0001$), de tal modo que la dureza era superior para espesores de 1, 2 y 3 mm. Para espesores de 4 mm, la dureza era igual a la registrada para 3 mm, pero estadísticamente superior a la determinada en especímenes de 5 mm de espesor.

Tabla 61. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	65,6 a	12,4
2 mm	18	65,6 a	5,4
3 mm	18	58,6 ab	6,4
4 mm	18	52,9 b	12,9
5 mm	18	45,8 c	13,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

El tiempo fue una variable que no influyó en los valores de dureza obtenidos (p=0.93).

Tabla 62. Influencia del tiempo sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	55,5 a	11,8
Una semana	30	55,6 a	12,0
Un mes	30	61,9 a	14,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Puesto que la interacción sitio-espesor de las muestras era significativa se seleccionaron las muestras de 1 mm de espesor y como se observa en la tabla, la dureza superficial era estadísticamente superior (p<0.05).

Tabla 63. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a 1mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	9	72,7 a	8,3
Fondo	9	58,5 b	11,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En el caso de muestras con un espesor de 2 mm, no se observó diferencia entre la dureza superficial y la de la cara profunda de los especímenes ($p=0.732$).

Tabla 64. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a 2mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	9	65,1 a	3,6
Fondo	9	66,1 a	6,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

En el caso de muestras con un espesor de 3 mm, no se observó diferencia entre la dureza superficial y la de la cara profunda de los especímenes ($p=0.894$).

Tabla 65. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a 3mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	9	58,8 a	3,6
Fondo	9	58,4 a	8,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

En el caso de muestras con un espesor de 4 mm, las medidas registradas en la superficie fueron estadísticamente superiores ($p<0.0001$).

Tabla 66. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a 4mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	9	63,7 a	7,2
Fondo	9	42,1 b	6,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

En el caso de muestras con un espesor de 5 mm, también las medidas registradas en la superficie eran estadísticamente superiores ($p<0.0001$).

Tabla 67. Influencia del sitio sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a 5mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	9	58,3 a	4,3
Fondo	9	33,3 b	5,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al efecto del espesor en las medidas realizadas en el fondo también se observó su influencia (p<0.0001), de tal forma que la dureza era similar para espesores de 1, 2 y 3 mm. Cuando los especímenes eran de 4 mm la dureza registrada en el fondo era significativamente inferior, pero mayor que la determinada para espesores de 5 mm.

Tabla 68. Influencia del espesor sobre el composite Filtek Z250 polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	58,5 a	11,9
2 mm	9	66,1 a	6,9
3 mm	9	58,4 a	8,5
4 mm	9	42,1 b	6,2
5 mm	9	33,3 c	5,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

A continuación se analizan los valores de microdureza obtenidos para la resina compuesta Quixfil con el fin de evaluar el efecto de las distintas variables en los mismos.

Tabla 69. Valores generales para Quixfil. Variable dependiente: MEDICION.

Fuente	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
PROFUNDIDAD	4	1246,761	23,789	,000
TIEMPO	2	67,812	1,294	,276
SITIO	1	6670,167	127,273	,000
LAMPARA	3	1097,396	20,939	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO	8	145,487	2,776	,006
PROFUNDIDAD * SITIO	4	244,265	4,661	,001
TIEMPO * SITIO	2	262,594	5,011	,007
PROFUNDIDAD * TIEMPO * SITIO	8	260,091	4,963	,000
PROFUNDIDAD * LAMPARA	12	238,742	4,555	,000
TIEMPO * LAMPARA	6	281,504	5,371	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA	24	228,058	4,352	,000
LAMPARA * SITIO	3	246,530	4,704	,003
PROFUNDIDAD * LAMPARA * SITIO	12	379,251	1,652	,078
TIEMPO * LAMPARA * SITIO	6	96,652	7,236	,000
PROFUNDIDAD * TIEMPO * LAMPARA * SITIO	24	52,408	1,768	,017

El tiempo de medición no influyó en los valores de dureza pero sí su interacción con otras variables como la lámpara utilizada, el sitio de medición y el espesor de los especímenes que sí fueron factores de influencia significativa ($p < 0.05$).

Al comparar las durezas obtenidas con las cuatro lámparas evaluadas se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), de tal modo, que los valores conseguidos con la lámpara halógena de 200 mW/cm^2 eran inferiores.

Tabla 70. Influencia de las 4 lámparas sobre los valores generales del composite Quixfil.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	71,6 a	9,5
Halog400	90	73,1 a	12,0
LED400	90	73,6 a	13,0
Halog200	90	66.0 b	10,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Las durezas registradas en la superficie eran de nuevo estadísticamente superiores a las registradas en la cara más profunda (p<0.0001).

Tabla 71. Influencia del sitio sobre los valores generales del composite Quixfil.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	75.4 a	11.4
Fondo	180	66.8 b	12.2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al espesor de los especímenes, se observó una influencia estadísticamente significativa del mismo en la dureza (p<0.0001), siendo las muestras de 5 mm de espesor más blandas que el resto.

Tabla 72. Influencia del espesor sobre los valores generales del composite Quixfil.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	74,9 a	10,4
2 mm	72	69,9 b	10,4
3 mm	72	74,7 a	11,6
4 mm	72	71,1 ab	10,9
5 mm	72	64,7 c	12,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Como anteriormente se mencionó el tiempo de medición no influyó en los valores obtenidos ($p=0.608$).

Tabla 73. Influencia del tiempo sobre los valores generales del composite Quixfil.

	N	Media	Desviación típica
Un día	120	71,9a	10,6
Una semana	120	70,5a	12,9
Un mes	120	70,7a	11,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

Al ser las interacciones significativas se seleccionaron, a su vez, los valores de microdureza obtenidos con la lámpara LED de 200 mW/cm² para estudiar el efecto del sitio de medida, profundidad y tiempo.

Las variables espesor de la muestra, sitio de medición y tiempo influyeron en los resultados de dureza, así como la interacción espesor-tiempo de medición ($p<0.05$).

Al comparar las medidas realizadas en la superficie y en el fondo de las muestras, las primeras son estadísticamente superiores ($p<0.001$).

Tabla 74. Influencia del sitio en el composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	75.8 a	8.2
Fondo	45	67.5 b	9.0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

En el caso del espesor de las muestras, no se observó una influencia estadísticamente significativa ($p=0.55$).

Tabla 75. Influencia del espesor en el composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	76.0 a	10,4
2 mm	18	72,6 a	10,4
3 mm	18	69,1 a	11,6
4 mm	18	73.0 a	10,9
5 mm	18	67,4 a	12,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto a la variable tiempo de medición se detectó una influencia estadísticamente significativa (p<0.05), siendo más elevados los resultados medidos transcurrida una semana.

Tabla 76. Influencia del tiempo sobre el composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	69,5 a	9,4
Una semana	30	75,4 b	10,0
Un mes	30	69,9 a	8,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Dada la influencia de la interacción exclusiva entre tiempo y profundidad, se analizaron los valores registrados un día sin obtenerse diferencias según el espesor de las muestras (p=0.085).

Tabla 77. Registros a 1 día del composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm² a diferentes espesores.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	6	74,3 a	5,8
2 mm	6	74,3 a	6,4
3 mm	6	61,2 a	11,3
4 mm	6	68,6 a	8,1
5 mm	6	69,4 a	10,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En las medidas una semana después, se detectaron diferencias según el espesor ($p < 0.05$). Las muestras de 1 mm eran significativamente más duras que las de 5 mm. Las de 1, 2, 3 y 4 mm eran similares, al igual que las de 2, 3, 4 y 5 mm lo eran entre sí.

Tabla 78. Registros a 7 días del composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm² a diferentes espesores.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	6	81,8 a	9,4
2 mm	6	76,4 ab	7,6
3 mm	6	76,7 ab	8,1
4 mm	6	77,6 ab	11,3
5 mm	6	64,4 b	6,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Para un tiempo de medición de un mes no se detectó influencia del espesor de las muestras ($p = 0.755$).

Tabla 79. Registros a 1 mes del composite Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm² a diferentes espesores.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	6	71,8 a	3,4
2 mm	6	67,0 a	4,7
3 mm	6	69,50 a	9,6
4 mm	6	72,8 a	11,3
5 mm	6	68,5 a	10,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Con el fin de detectar la influencia del tiempo según el espesor de las muestras se seleccionaron las de 1 mm sin observarse diferencias en la dureza registrada ($p = 0.51$).

Tabla 80. Influencia del tiempo sobre las muestras de 1mm de espesor de Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	6	74,3 a	5,8
Una semana	6	81,8 a	9,8
Un mes	6	71,8 a	3,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Tampoco se observó influencia del tiempo para muestras de 2 mm de espesor (p=0.51).

Tabla 81. Influencia del tiempo sobre las muestras de 2mm de espesor de Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	6	74,3 a	6,4
Una semana	6	76,4 a	7,6
Un mes	6	67.0 a	4,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En el caso de muestras de 3 mm de espesor, las durezas registradas un día después de la preparación de las muestras fueron significativamente inferiores a las registradas una semana después (p<0.05).

Tabla 82. Influencia del tiempo sobre las muestras de 3mm de espesor de Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	6	61,2 a	11,3
Una semana	6	76,7 b	8,1
Un mes	6	69,5 ab	9,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Tampoco se observó influencia del tiempo para muestras de 4 mm de espesor (p=0.338).

Tabla 83. Influencia del tiempo sobre las muestras de 4mm de espesor de Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	6	68,6 a	8,1
Una semana	6	77,6 a	11,3
Un mes	6	72,8 a	11,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Ni para muestras de 5 mm de espesor ($p=0.626$).

Tabla 84. Influencia del tiempo sobre las muestras de 5mm de espesor de Quixfil polimerizado por la lámpara LED de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	6	69,4 a	8,1
Una semana	6	64,4 a	11,3
Un mes	6	68,5 a	11,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al evaluar los resultados obtenidos para el composite Quixfil y polimerizados con la lámpara halógena de 400 mW/cm², se observó que únicamente influyeron en la dureza el sitio en el que se realizan las mediciones y el espesor de las muestras, pero no el tiempo de medición. Algunas de las interacciones también influyeron en la dureza determinada ($p < 0.05$).

Al comparar los valores obtenidos en la superficie de las muestras y en la parte más profunda se detectó una mayor dureza en el primer caso ($p < 0.0001$).

Tabla 85. Influencia del sitio sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	78.0 a	11.5
Fondo	45	68.2 b	10.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al espesor de las muestras también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Las muestras de 1 mm eran significativamente más duras que las de 5 mm. Las de 1, 2, 3 y 4 mm eran similares, al igual que las de 2, 3, 4 y 5 mm lo eran entre sí.

Tabla 86. Influencia del espesor sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	78,7 a	9,4
2 mm	18	74,34 ab	9,8
3 mm	18	75,63 ab	11,9
4 mm	18	69,1 ab	11,2
5 mm	18	67,6 b	15,0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El tiempo de medición como anteriormente se apuntó no influyó en los valores de dureza ($p = 0.445$).

Tabla 87. Influencia del tiempo sobre el composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	74,7 a	9,0
Una semana	30	70,8 a	14,9
Un mes	30	73,7 a	11,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron las durezas superficiales el tiempo tampoco influyó en los valores determinados ($p = 0.232$).

Tabla 88. Influencia del tiempo sobre las durezas superficiales del composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	79,6 a	8,4
Una semana	15	80,5 a	14,3
Un mes	15	73,8 a	10,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En el caso de las durezas tomadas en la cara más profunda de las muestras se detectó una influencia significativa tanto del tiempo de medición ($p < 0.01$) como del espesor de las muestras ($p < 0.01$).

Las medidas tomadas una semana después de la preparación de las muestras eran significativamente más blandas.

Tabla 89. Influencia del tiempo sobre las durezas profundas del composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	69,8 a	6,9
Una semana	15	61,2 b	7,4
Un mes	15	73,5 a	12,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al efecto del espesor de las muestras, las de 1, 2 y 3 mm eran estadísticamente más duras sin diferencias entre ellas. Las de 2, 3 y 4 mm también eran similares entre ellas y estadísticamente superiores a las registradas en especímenes de 5 mm de espesor.

Tabla 90. Influencia del espesor sobre las durezas profundas del composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	75,2 a	7,7
2 mm	9	71,6 ab	10,4
3 mm	9	71,3 ab	12,6
4 mm	9	62,9 b	7
5 mm	9	59,8 c	5,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Cuando se evaluaron los resultados obtenidos para el composite Quixfil y polimerizados con la lámpara LED de 400 mW/cm², se observó que no influía el tiempo de medida, pero sí el sitio de medición, el espesor de las muestras y las interacciones entre estos factores (p<0.05).

Como en los demás casos, la dureza era superior en la parte más superficial de las muestras (p<0.0001).

Tabla 91. Influencia del sitio sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	79.6 a	11.2
Fondo	45	67.6 b	12.0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

El espesor de las muestras también influyó en los valores de dureza obtenidos (p<0.0001). Los especímenes de 5 mm presentaban una dureza significativamente menor.

Tabla 92. Influencia del espesor sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	78,7 ab	7,7
2 mm	18	69,4 cd	11,7
3 mm	18	82,8 a	6,3
4 mm	18	73,3 bc	14,2
5 mm	18	63,7 d	14,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

La variable tiempo de medición no influyó en la dureza determinada ($p=0.448$).

Tabla 93. Influencia del tiempo sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	73,7 a	12,1
Una semana	30	71,4 a	13,6
Un mes	30	75,7 a	13,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron las medidas registradas en la superficie el tiempo de nuevo no influyó ($p=0.51$).

Tabla 94. Influencia del tiempo sobre las superficies del composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	77,4 a	10,8
Una semana	15	76,3 a	11,1
Un mes	15	85,3 a	10,0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se analizaron las medidas registradas en el fondo, únicamente el espesor influyó en la dureza registrada ($p < 0.0001$), pero no el tiempo de medición ($p=0.63$).

Tabla 95. Influencia del tiempo en las profundidades del composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	77,5 a	7,6
2 mm	9	60,7 bc	6,2
3 mm	9	80,6 a	5,0
4 mm	9	63,7 b	8,4
5 mm	9	55,3 c	7,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Las muestras de 1 y 3 mm eran significativamente más duras que las de 2 y 4 mm. Las más blandas fueron las de 5 mm de espesor.

Tabla 96. Influencia del tiempo sobre el composite Quixfil y polimerizado con la lámpara LED de 400 mW/cm², a 5mm de espesor.

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	70,0 a	12,5
Una semana	15	66,6 a	14,4
Un mes	15	66,1 a	8,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Cuando se evaluaron los resultados obtenidos para el composite Quixfil y polimerizados con la lámpara halógena de 200 mW/cm², se observó que influía el sitio de medición, el espesor de las muestras, el tiempo de registro y la interacción entre algunas de estas variables (p<0.05). En este caso, las medidas registradas en la superficie fueron similares a las determinadas en la cara más profunda (p=0.051).

Tabla 97. Influencia del sitio sobre el composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Superficie	45	68.1 a	11.2
Fondo	45	63.7 a	8.9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

El espesor de las muestras también influyó significativamente en la dureza determinada ($p < 0.05$), de tal forma que las muestras de 5 mm fueron más blandas, aunque sin diferencia con las de 1 y 2 mm de espesor.

Tabla 98. Influencia del espesor sobre el composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
1 mm	18	66.0 ab	11,1
2 mm	18	63,5 ab	10,5
3 mm	18	71,4 a	11,6
4 mm	18	68,9 a	6,7
5 mm	18	60,2 b	7,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El tiempo de medición sí influyó significativamente en los valores de dureza ($p < 0.05$), siendo estadísticamente superiores los registrados tras 24 horas.

Tabla 99. Influencia del tiempo sobre el composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	30	69,8 a	10,9
Una semana	30	64,5 b	10,5
Un mes	30	63,6 b	8,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se analizaron las medidas realizadas en la cara superficial, había diferencias según el tiempo de medida ($p < 0.05$). La dureza era significativamente menor cuando la determinación se realizó trascurrido un mes.

Tabla 100. Influencia del tiempo en las superficies del composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	71,9 a	10,9
Una semana	15	70,4 a	9,8
Un mes	15	62,0 b	10,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En el caso de las medidas realizadas en la cara más profunda, se detectó influencia significativa del tiempo de medida y del espesor de las muestras (p<0.05). Las durezas registradas trascurrida una semana eran significativamente más bajas comparadas con las de tomadas un día o un mes después.

Tabla 101. Influencia del tiempo en las profundidades del composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm².

	N	Media	Desviación típica
Un día	15	67,7 a	10,9
Una semana	15	58,7 b	7,6
Un mes	15	65,2 a	5,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto al espesor de las muestras, las de 5 mm eran significativamente más blandas, aunque sin diferencias respecto a las de 1, 2 y 4 mm. Las de 3 mm eran más duras que las de 5 mm, pero similares a las de 1, 2 y 4 mm.

Tabla 102. Influencia del espesor sobre el composite Quixfil polimerizado con la lámpara halógena de 200 mW/cm² a profundidad.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	9	64,6 ab	9,0
2 mm	9	64,9 ab	11,8
3 mm	9	68,1 a	6,2
4 mm	9	65,8 ab	4,7
5 mm	9	55,9 b	7,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

A continuación se muestran los resultados seleccionando las medidas realizadas en la superficie de las muestras, observándose una influencia significativa de los factores composite, lámpara y tiempo ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), siendo más blando el composite Point 4 que los otros dos.

Tabla 103. Microdureza general de la superficie los tres composites.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	180	55.5 a	10,4
Z250	180	74.9 b	13,5
Quixfil	180	75.4 b	11,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por las dos LED fueron similares y estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 104. Microdureza general en la superficie de los composites obtenida por la polimerización con las 4 lámparas.

	N	Media	Desviación típica
LED200	135	69.6 b	13,9
Halog400	135	75.1 a	14,4
LED400	135	70.1 b	14,8
Halog200	135	59.5 c	12,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición, también se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Las durezas medidas a las 24 horas eran significativamente superiores a las de un mes, pero similares a las de una semana.

Tabla 105. Microdureza general en la superficie de los composites obtenida posterior a 3 tiempos.

	N	Media	Desviación típica
Un día	180	70.4 a	14,7
Una semana	180	69.0 ab	15,5
Un mes	180	66.4 b	14,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En el caso de las medidas realizadas en la cara profunda de las muestras, tanto el composite utilizado, como la lámpara, el tiempo transcurrido y el espesor de las muestras influyeron significativamente ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), siendo más blando el composite Point 4 que los otros dos. Quixfil, sin embargo, fue la resina compuesta con los valores medios de dureza más altos.

Tabla 106. Microdureza registrada en cara profunda de los tres composites.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	180	43.5 a	12,3
Z250	180	61.9 b	15,3
Quixfil	180	66.8 c	10,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la

Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por las dos LED fueron similares y estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 107. Microdureza obtenida en los composites a profundidad al polimerizarse por las 4 lámparas.

	N	Media	Desviación típica
LED200	135	59.2 b	16,2
Halog400	135	63.8 a	13,1
LED400	135	55.1 b	17.0
Halog200	135	51.1 c	15,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El espesor de las muestras también influyó significativamente ($p < 0.0001$), de tal forma que, las de 1, 2 y 3 mm presentaron durezas similares. Las de 4 mm tenían una dureza significativamente inferior, pero superior a la registrada en muestras de 5 mm de espesor.

Tabla 108. Microdureza media profunda por espesores.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	108	65.1 a	13,4
2 mm	108	62.0 a	13,4
3 mm	108	62.5 a	14,8
4 mm	108	51.7 b	16,5
5 mm	108	45.8 c	14,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.717$).

Tabla 109. Microdureza media profunda por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	180	58.1 a	16,7
Una semana	180	56.7 a	16,1
Un mes	180	57.4 a	15,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al seleccionar las muestras de 1 mm de espesor, también se observó influencia del composite y lámpara utilizados, del sitio de medición y del tiempo de registro ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), siendo más blando el composite Point 4 que los otros dos.

102

Tabla 110. Microdureza media general en muestras de 1mm de espesor por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	72	55.2 a	8,9
Z250	72	75.2 b	15,6
Quixfil	72	74.9 b	10,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por las dos LED fueron similares y estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 111. Microdureza media general en muestras de 1mm de espesor por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	54	76.1 b	14,9
Hallog400	54	63.8 a	14,8
LED400	54	67.7 b	13,9
Hallog200	54	60.2 c	12,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Si se comparan las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.001$).

Tabla 112. Microdureza media general en muestras de 1mm de espesor por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	108	71.7 a	16.1
Fondo	108	65.1 b	13.4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.279$).

Tabla 113. Microdureza media general en muestras de 1mm de espesor por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	72	70.1 a	15,2
Una semana	72	68.9 a	15,8
Un mes	72	66.2 a	14,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al seleccionar las muestras de 2 mm de espesor, también se observó influencia del composite y lámpara utilizados, del sitio de medición y del tiempo de registro ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), siendo más blando el composite Point 4 que los otros dos.

Tabla 114. Microdureza media general en muestras de 2mm de espesor por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	72	53.9 a	10,6
Z250	72	72.1 b	12,5
Quixfil	72	69.9 b	10,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por la lámpara LED de 200 mW/cm² fueron inferiores, pero estadísticamente superiores a los conseguidos con la LED de 400 mW/cm² y la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 115. Microdureza media general en muestras de 2mm de espesor por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	54	68.2 b	14,5
Halog400	54	73.2 a	12,4
LED400	54	61.0 c	12,2
Halog200	54	58.7 c	11,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al comparar las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.001$).

Tabla 116. Microdureza media general en muestras de 2mm de espesor por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	108	68.6 a	13.5
Fondo	108	62.0 b	13.4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), de tal forma que los datos registrados 24 horas después eran superiores al resto.

Tabla 117. Microdureza media general en muestras de 2mm de espesor por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	72	68.9 a	14,3
Una semana	72	63.4 b	13,3
Un mes	72	63.6 b	13,3

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al seleccionar las muestras de 3 mm de espesor, también se observó influencia del composite y lámpara utilizados y del sitio de medición, pero no del tiempo de registro ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), siendo más blando el composite Point 4 que los otros dos.

Tabla 118. Microdureza media general en muestras de 3mm de espesor por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	72	51.7 a	10,8
Z250	72	73.9 b	13,1
Quixfil	72	74.7 b	11,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm^2 y la LED de 400 mW/cm^2 fueron similares y significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por la lámpara LED de 200 mW/cm^2 fueron estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm^2 .

Tabla 119. Microdureza media general en muestras de 3mm de espesor por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	54	65.0 b	15,5
Halog400	54	72.5 a	15,1
LED400	54	71.6 a	15,2
Halog200	54	58.0 c	13,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al comparar las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.001$).

Tabla 120. Microdureza media general en muestras de 3mm de espesor por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	108	71.1 a	15.9
Fondo	108	62.5 b	14.8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.808$).

Tabla 121. Microdureza media general en muestras de 3mm de espesor por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	72	67.0 a	16,1
Una semana	72	67.5 a	17,1
Un mes	72	65.8 a	14,7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Al seleccionar las muestras de 4 mm de espesor, también se observó influencia del composite y lámpara utilizados y del sitio de medición, pero no del tiempo de registro ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores de dureza medios más altos fueron registrados para Quixfil, seguidos por Z250 y Point 4, existiendo diferencias significativas entre todos ellos.

Tabla 122. Microdureza media general en muestras de 4mm de espesor por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	72	44.3 a	14,6
Z250	72	64.0 b	15,2
Quixfil	72	71.1 c	10,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$). Los valores obtenidos con la lámpara halógena de 200 mW/cm² fueron significativamente más bajos que los obtenidos con las demás.

Tabla 123. Microdureza media general en muestras de 4mm de espesor por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	54	63.4 a	15,6
Halog400	54	63.5 a	12,4
LED400	54	59.7 a	22,7
Halog200	54	52.5 b	17.0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al comparar las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas (p<0.001).

Tabla 124. Microdureza media general en muestras de 4mm de espesor por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	108	67.9 a	15.2
Fondo	108	51,7 b	16.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición no se detectaron diferencias significativas (p=0.899).

Tabla 125. Microdureza media general en muestras de 4mm de espesor por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	72	60.5 a	18.0
Una semana	72	59.7a	18.1
Un mes	72	59.1 a	17.5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

Al seleccionar las muestras de 5 mm de espesor, también se observó influencia del composite y lámpara utilizados y del sitio de medición, pero no del tiempo de registro (p<0.05).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores de dureza medios más altos fueron registrados para Quixfil, seguidos por Z250 y Point 4, existiendo diferencias significativas entre todos ellos.

Tabla 126. Microdureza media general en muestras de 5mm de espesor por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	72	42.7 a	13,6
Z250	72	56.8 b	14,6
Quixfil	72	64.7 c	12,1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por las dos LED fueron similares y estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 127. Microdureza media general en muestras de 5mm de espesor por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	54	55.7 b	15,8
Halog400	54	61.9 a	14,4
LED400	54	54.1 b	16,4
Halog200	54	47.2 c	15,0

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Si se comparan las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.001$).

Tabla 128. Microdureza media general en muestras de 5mm de espesor por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	108	63.7 a	12.8
Fondo	108	45.8 b	14.2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto a los valores de dureza registrados según el tiempo de medición no se detectaron diferencias significativas (p=0.980).

Tabla 129. Microdureza media general en muestras de 5mm de espesor por tiempo.

	N	Media	Desviación típica
Un día	72	54.6 a	15.8
Una semana	72	54.5 a	16.4
Un mes	72	55.1 a	16.6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

110

Cuando se seleccionaron las medidas registradas a las 24 horas de su preparación se detectó influencia de las siguientes variables: composite y lámparas utilizados, sitio de medición y espesor de las muestras (p<0.05).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.0001), de tal forma que los valores de dureza conseguidos con Point 4 eran más bajos.

Tabla 130. Microdureza media general en muestras a 24 horas por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	120	50.6 a	13,6
Z250	120	70.1 b	16,8
Quixfil	120	71.9 b	10,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Los valores obtenidos con la lámpara halógena de 200 mW/cm^2 fueron significativamente más bajos que los obtenidos con las demás.

Tabla 131. Microdureza media general en muestras a 24 horas por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	65.3 a	16,6
Halog400	90	69.6 a	16,0
LED400	90	65.4 a	17,2
Halog200	90	56.2 b	15,2

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se compararon las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.0001$).

Tabla 132. Microdureza media general en muestras a 24 horas por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	70.4 a	14.7
Fondo	180	58.1 b	16.7

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al espesor de las muestras también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), de tal forma que, las de 1, 2 y 3 mm presentaron durezas similares. Las de 4 mm tenían una dureza significativamente inferior, pero superior a la registrada en muestras de 5 mm de espesor.

Tabla 133. Microdureza media general en muestras a 24 horas por espesor.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	70.1 a	15,2
2 mm	72	68.9 a	14,3
3 mm	72	67.0 a	16,1
4 mm	72	60.5 b	18,0
5 mm	72	54.6 c	15,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron las medidas registradas a la semana de su preparación se detectó influencia de las siguientes variables: composite y lámparas utilizados, sitio de medición y espesor de las muestras ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), de tal forma que los valores de dureza conseguidos con Point 4 eran más bajos.

112

Tabla 134. Microdureza media general en muestras a 1 semana por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	120	49.0 a	12,7
Z250	120	68.4 b	15,9
Quixfil	120	70.5 b	12,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Los valores obtenidos con la lámpara halógena de 200 mW/cm^2 fueron significativamente más bajos que los obtenidos con las demás. Los registrados cuando se utilizaron la lámpara LED de 200 mW/cm^2 y la halógena de 400 mW/cm^2 fueron estadísticamente superiores a los demás. En un rango intermedio se encontraron los registrados con la LED de 400 mW/cm^2 existiendo diferencias estadísticas con el resto.

Tabla 135. Microdureza media general en muestras a 1 semana por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	67,3 a	17,2
Hallog400	90	68,3 a	14,9
LED400	90	62,0 b	17,3
Hallog200	90	53,7 c	14,5

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se compararon las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.0001$).

Tabla 136. Microdureza media general en muestras a 1 semana por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	69.0 a	15.5
Fondo	180	56.7 b	16.1

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al espesor de las muestras también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), de tal forma que, las de 1, 2 y 3 mm presentaron durezas similares. Las de 4 mm tenían una dureza similar a las de 2 mm y a las de 5 mm.

Tabla 137. Microdureza media general en muestras a 1 semana por espesor.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	68,9 a	15,8
2 mm	72	63,4 ab	13,3
3 mm	72	67,5 a	17,1
4 mm	72	59,7 bc	18,1
5 mm	72	54,5 c	16,4

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuando se seleccionaron las medidas registradas al mes de su preparación se detectó influencia de las siguientes variables: composite y lámparas utilizados, sitio de medición y espesor de las muestras ($p < 0.05$).

Cuando se compararon los valores obtenidos con cada composite, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores de dureza conseguidos con Point 4 eran más bajos, los de Quixfil más altos y los de Z250 intermedios, pero con diferencias estadísticas entre ellos tres.

Tabla 138. Microdureza media general en muestras a 1 mes por composite.

	N	Media	Desviación típica
Point 4	120	49.0 a	12,7
Z250	120	68.4 b	15,9
Quixfil	120	70.5 b	12,9

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

114

En cuanto a la dureza según la lámpara utilizada, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). Los valores obtenidos con la Halógena de 400 mW/cm² fueron significativamente superiores a los obtenidos con las demás lámparas. Los valores aportados por las dos LED fueron similares y estadísticamente superiores a los conseguidos con la halógena de 200 mW/cm².

Tabla 139. Microdureza media general en muestras a 1 mes por lámpara.

	N	Media	Desviación típica
LED200	90	60,6 b	13,2
Halog400	90	70,4 a	13,8
LED400	90	61,0 b	17,8
Halog200	90	55,8 c	14,8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Si se comparan las durezas medias obtenidas en la cara más profunda y la superficial, eran estadísticamente superiores las segundas ($p < 0.0001$).

Tabla 140. Microdureza media general en muestras a 1 mes por sitio.

	N	Media	Desviación típica
Superficie	180	66.4 a	14.6
Fondo	180	57.5 b	15.8

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al espesor de las muestras también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), de tal forma que, las de 1, 2 y 3 mm presentaron durezas similares. Las de 4 mm tenían una dureza similar a las de 2 mm y a las de 5 mm.

Tabla 141. Microdureza media general en muestras a 1 mes por espesor.

	N	Media	Desviación típica
1 mm	72	66,2 a	14,4
2 mm	72	63,6 ab	13,3
3 mm	72	65,8 a	14,7
4 mm	72	59,1 bc	17,5
5 mm	72	55,1 c	16,6

* Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

4.2. RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Tabla 142. Resultados obtenidos de la medición de resistencia a la compresión por la máquina Istron 4469. Realizada en N = 60 muestras de composite expresados en MPa (Megapascal).

Composite-Lámpara	Espesor				
	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Point 4- Led 200mW	282.10	191.9	300.12	167	160.38
FiltekZ250-Led 200m	311.85	280.37	135.95	136.52	163.29
Quixfill-Led 200mW	364.61	236.12	136.03	205.43	122.41
Quixfil Hal 200mW	259.87	361.71	326.89	268.68	192.6
Quixfil-Hal 400mW	446.35	205.51	221.00	121.29	117.68
FiltekZ250-Hal400m	389.81	270.76	333.38	172.64	139.99
FiltekZ250-Led 400m	338.99	222.79	247.14	111.45	206.76
Point 4-Led 400mw	273.96	179.78	211.15	205.85	100.9
Quixfil-Led 400mW	232.32	137.27	162.87	95.18	54.33
FiltekZ250-Hal 200m	317.46	201.17	190.36	242.05	198.18
Point 4-Hal 200mW	207.17	139.51	164.97	110.64	95.26
Point 4-Hal 400mW	185.55	149.36	128.91	172.3	94.84

116

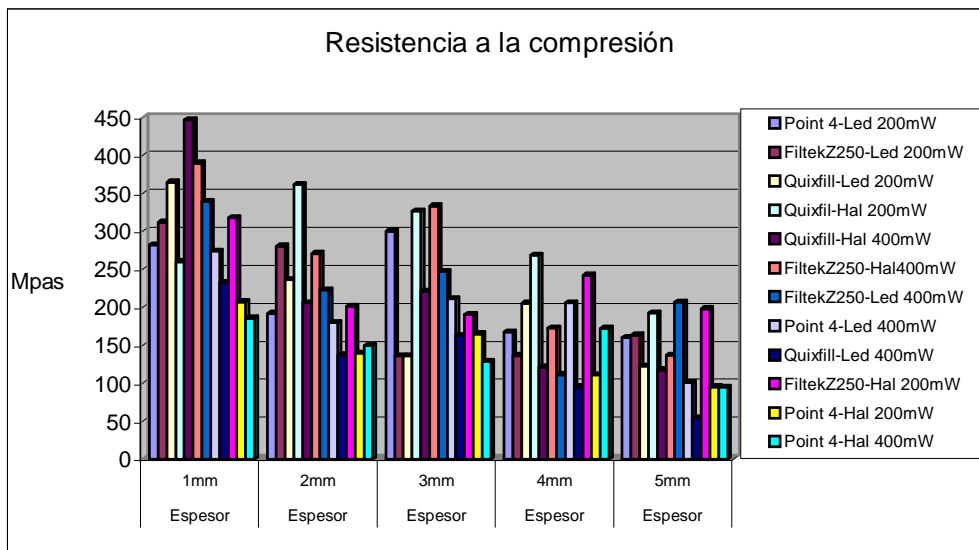


Figura 20. Muestra la resistencia a la compresión manifestada en los 5 diferentes espesores de los 12 grupos.

Tabla 143. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Point 4-Led 200mW	5	1092.1	218.42	4084.2942
FiltekZ250-Led 200m	5	1155.79	231.158	17130.4712
Quixfill-Led 200mW	5	1283.09	256.618	35546.0322
Quixfil-Hal 200mW	5	1728.56	345.712	21065.3766
Quixfill-Hal 400mW	5	1396.96	279.392	66099.6872
FiltekZ250-Hal400m	5	1581.98	316.396	43956.7929
FiltekZ250-Led 400m	5	1127.13	225.426	6678.54413
Point 4-Led 400mw	5	1269.3	253.86	33496.2825
Quixfill-Led 400mW	5	976.1	195.22	35994.0079
FiltekZ250-Hal 200m	5	1373.02	274.604	22623.8542
Point 4-Hal 200mW	5	717.55	143.51	1984.40665
Point 4 Hal 400mW	5	1115.26	223.052	38394.0406
1mm	12	6026.17	502.180833	24846.0624
2mm	12	2576.25	214.6875	4319.68138
3mm	12	2558.77	213.230833	5504.47023
4mm	12	2009.03	167.419167	3041.28204
5mm	12	1646.62	137.218333	2290.02992

*Las lecturas se interpretan en Megapascales

4.3. RESULTADOS DE LA TERMOGRAVIMETRÍA.

En la tabla siguiente se exponen los resultados correspondientes al análisis termogravimétrico.

Tabla 144. Análisis termogravimétricos TGA que muestran la temperatura a la cual los composites pierden peso ante el calentamiento controlado.

Composite	LED 200mW/cm2	Halógena 200mw/cm2	LED 400mW/cm2	Halógena 400mW/cm2
Quixfill (Dentsply)	111.25	192.42	184.85	177.27
Filtek Z250 (3M)	125.46	180.3	192.42	174.24
Point 4 (Kerr)	97.04	120.64	134.85	131.82

Resultados expresados en grados centígrados °C

118

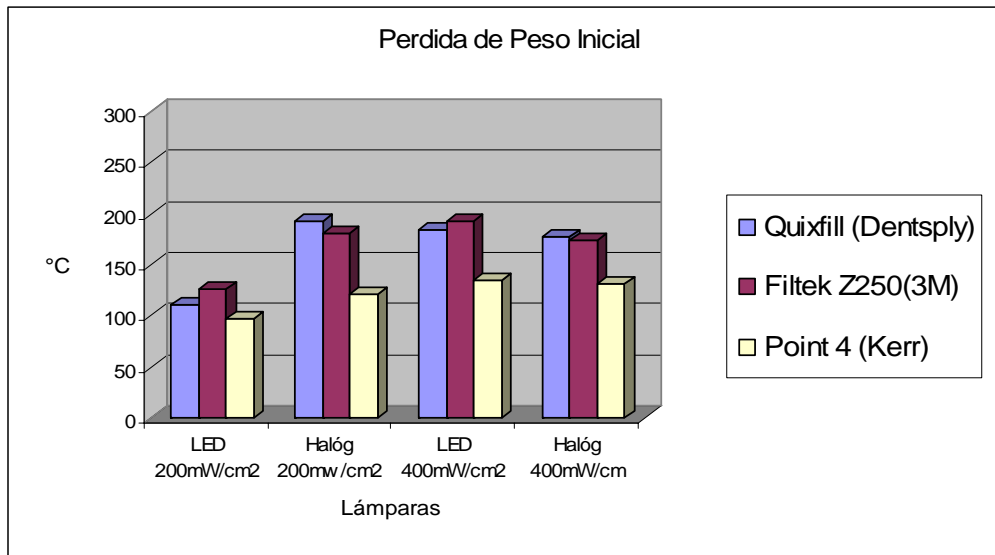


Figura 21. Muestra la temperatura de pérdida de peso inicial de acuerdo a los tres composites fotopolimerizados por las cuatro lámparas.

Tabla 145. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo de los resultados de la termogravimetría.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Quixfill (Dentsply)	4	665.79	166.4475	1392.37109
Filtek Z250(3M)	4	672.42	168.105	865.3905
Point 4 (Kerr)	4	484.35	121.0875	294.358492
LED 200mW/cm2	3	333.75	111.25	201.9241
Halóg 200mw/cm2	3	493.36	164.453333	1476.42973
LED 400mW/cm2	3	512.12	170.706667	978.601633
Halóg 400mW/cm	3	483.33	161.11	645.7233

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor F
Filas	5694.56295	2	2847.28148	18.7569065	0.00262164	5.14325
Columnas	6745.56567	3	2248.52189	14.8124853	0.00351411	4.75705
Error	910.794583	6	151.799097			
Total	13350.9232	11				

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOMECAÍNICO.

Tabla 146. Los análisis termomecánicos expresan la temperatura a la cual los tres materiales manifiestan distorsión ante el calentamiento controlado.

Composite	LED 200mW/cm ²	Halógena 200mw/cm ²	LED 400mW/cm ²	Halógena 400mW/cm ²
Quixfill (Dentsply)	258.52	265.81	292.33	274.43
Filtek Z250 (3M)	257.86	269.13	284.38	267.14
Point 4 (Kerr)	241	267.61	228.03	274.43

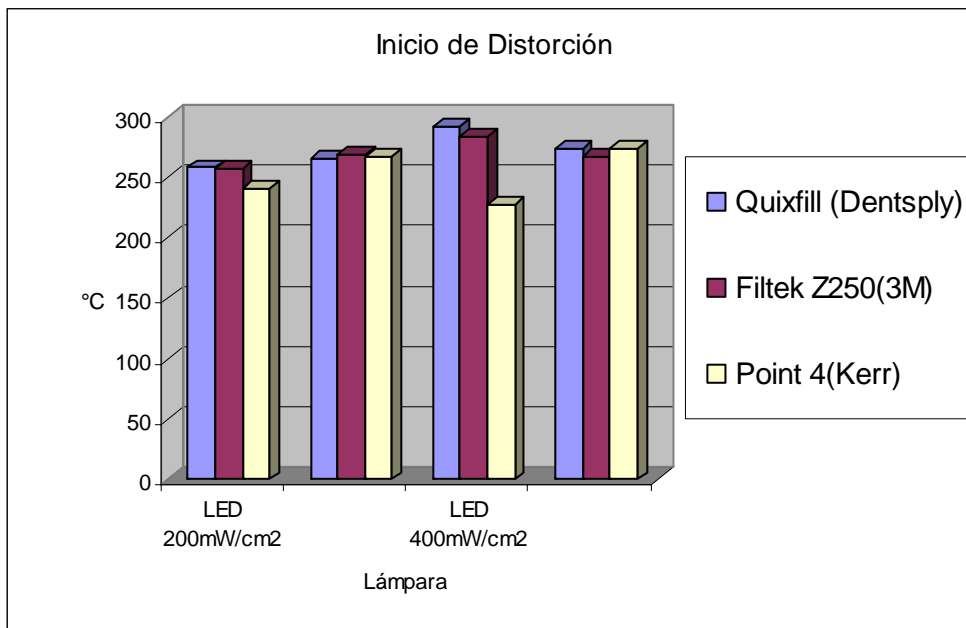


Figura 22. Temperaturas ante las cuales se manifiesta el inicio de distorsión de los composites ante el calentamiento controlado.

Tabla 147. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo de los resultados de la termomecánico.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Quixfill (Dentsply)	4	985.7	246.425	580.017367
Filtek Z250(3M)	4	1078.51	269.6275	120.848492
Point 4 (Kerr)	4	1011.07	252.7675	479.993892
LED 200mW/cm2	3	757.38	252.46	98.6076
Halóg 200mw/cm2	3	761.46	253.82	635.6851
LED 400mW/cm2	3	740.44	246.813333	1058.44083
Halóg 400mW/cm	3	816	272	17.7147

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor F
Filas	1150.45722	2	575.228608	1.39706801	0.31759541	5.14325
Columnas	1072.14	3	357.38	0.8679752	0.50753535	4.75705
Error	2470.43925	6	411.739875			
Total	4693.03647	11				

DISCUSIÓN

La variable dependiente estudiada en esta investigación es la microdureza, la cual resulta afectada por todas las demás variables independientes como son: el composite, la profundidad, la fuente y potencia de luz, así como el tiempo transcurrido desde la fotoiniciación a la durometría.

La caracterización de los tres composites mediante espectroscopía de infrarrojo realizada para esta investigación manifiesta diferencias respecto a los componentes y porcentajes de la matriz inorgánica de relleno, por lo tanto al aplicar una evaluación analítica encontramos una estrecha relación entre los mayores niveles de microdureza con los mayores niveles de contenido inorgánico de relleno, de acuerdo a los análisis de termogravimetría realizados a los tres composites estudiados.

Lo anterior confirma lo dicho por Yoshida ¹⁰, quien menciona que la influencia de los materiales componentes del relleno inorgánico de los composites, así como del contenido co-monomérico de la matriz orgánica es determinante para definir algunas de las propiedades físicas de un composite.

Los tres composites utilizados para este estudio contienen fotopropagadoras derivadas de la Canforquinona, que es un catalizador de la polimerización con un punto de absorción óptimo de luz a 465 nm. Existen otras fotopropagadoras como la Lucerina con un pico de absorción a 420 nm y la fenilpropandiona a los 410 nm. En todos los fotopropagadoras, la efectividad del fotocurado depende de la coincidencia entre rango de longitudes de onda emitidas por la densidad de flujo de radiación, la intensidad de luz y el punto más alto de absorción óptimo de luz para la formación de radicales libres en la porción fotosensible de los composites ⁵⁷.

Otros estudios sobre profundidad de polimerización como el de Arias ⁵⁸ utilizan como método de medición de endurecimiento el scraping o raspado total, revelando una estrecha relación entre la recepción de luz con el bloque de material endurecido. El análisis de raspado total, utiliza composites alojados dentro de moldes de acero inoxidable y mide la longitud del material endurecido. Sin embargo, dicho método resulta inexacto, pues el punto límite de polimerizado depende de la apreciación subjetiva del operador, a diferencia del análisis por indentación realizado por el durómetro, el cual mide la huella que la punta romboidea del indentador deja en la muestra.

En la presente investigación, se estandarizan las condiciones y el tiempo de fotocurado para todos los grupos de muestras, utilizando las especificaciones de la norma ISO 4049 2000 para la confección de moldes de acero descrita en el apartado 7.10.1.1, la cual trata también de la profundidad de polimerización de los materiales clase 2 (materiales cuyo uso requieren de una energía extraoral in situ ⁶¹) que se polimerizan por la aplicación de una energía externa como la luz azul o el calor.

Investigaciones anteriores han evaluado la relación entre la profundidad de polimerización y microdureza, como método el análisis por indentación al microdurómetro digital. Lombardini ⁵⁹ realiza un análisis de la microdureza superficial y profunda en condiciones y estándares similares a los utilizados en esta investigación, sus resultados coinciden en lo general con el presente estudio. Ambos estudios encontraron microdureza superior en el composite Quixfil respecto a otros, pero también demuestran un decrecimiento de la microdureza en la profundidad de los composites analizados y reporta un decrecimiento considerable de la microdureza después de un milímetro de profundidad, discrepando con los resultados de la presente investigación los cuales muestran que el descenso de la microdureza de la superficie a 1mm de profundidad no resulta significativo.

Al analizar las variaciones de la microdureza bajo la superficie de tres composites en diferentes espesores y en distintos períodos de tiempo posteriores a la fotopolimerización, los resultados obtenidos muestran decrecimiento franco en los valores de microdureza después de 2 mm de profundidad, coincidiendo con los resultados de Cook⁴⁰, quien menciona que el grado de polimerización se ve alterado por la profundidad debido principalmente a la acción insuficiente de los mecanismos estimulantes de la propagación de los radicales libres.

El descenso de la microdureza se observa radical después de 3mm de profundidad, donde las lecturas en el durómetro muestran descensos significativos de hasta 10 unidades Knoop respecto a la superficie. La microdureza muestra su promedio más alto en la superficie con lecturas superiores a 70 unidades Knoop, mientras que a los 5mm de profundidad se registran lecturas inferiores a 25 unidades, por lo que la microdureza manifiesta una disminución considerable en su promedio general entre la superficie y los 5mm de profundidad, confirmando lo argumentado por Menezes² quien relaciona la penetración de luz disminuida en profundidad a la microdureza disminuida; Es importante mencionar que en esta investigación la relación entre profundidad y disminución de microdureza no resulta directamente proporcional en todas las muestras, pues se observan excepciones en algunas muestras de composites en las cuales no se manifiesta diferencia significativa entre la microdureza a 1 mm de profundidad respecto a 2 mm de profundidad, esto rompe con la tendencia de decrecimiento manifestada en la investigación de Karachi²⁷.

Después de 3 mm de profundidad se observa un decrecimiento significativo de la microdureza en los tres materiales de restauración analizados independientemente de la fuente de luz con que son fotocurados, coincidiendo con todas las investigaciones que han estudiado la profundidad de polimerización más allá de los 2mm.

El patrón de variaciones de la microdureza respecto al tiempo y a la profundidad se observa distinto entre los tres composites (Point 4Kerr, Filtek Z250 3M, y Quixfil Dentsply) de acuerdo a sus promedios: Filtek Z250 3M es el más afectado por el factor tiempo, Point 4Kerr es el más afectado por la profundidad, mientras que Quixfil Dentsply se ve afectado en menor grado manifestando menor variación respecto a los otros dos composites.

La microdureza también se manifiesta diferente entre los grupos del mismo composite al ser polimerizados con una fuente de luz distinta; por ejemplo el composite Quixfil fotopolimerizado por la lámpara LED a 400 mW/cm^2 manifiesta valores más altos de microdureza a 3mm de profundidad respecto a la polimerización con las demás fuentes de luz (Halógena a 400 mW/cm^2 , Halógena a 200 mW/cm^2 , LED a 200 mW/cm^2), mientras que en los composites Filtek Z250 3M y Point 4 Kerr, los valores más altos de dureza se relacionan con la lámpara Halógena a 400 mW/cm^2 a los 3mm de profundidad; Esto nos indica que para el composite Quixfil Dentsply la luz emitida por la lámpara LED de Ultralume II (Ultradent) de alta intensidad provoca un mejor fotocurado a 3mm de profundidad respecto al fotocurado con la lámpara The Max Caulk Light Dentsply; mientras que para los composites Filtek Z250 (3M) y Point 4 (Kerr), el mejor fotocurado a 3mm de profundidad se obtiene con la lámpara Max Caulk Light (Dentsply) de alta intensidad.

Al comparar la influencia de la luz halógena respecto a la generada por emisión de diodos (LED) se toma como referencia otras investigaciones como la realizada por Tsai ⁶⁰, quien también compara los dos sistemas de iluminación utilizados para la polimerización de composites.

El estudio experimental realizado para esta tesis, utiliza dos lámparas LED: Ultra Lume II clasificada como de segunda generación y Gnatus clasificada actual-

mente como LED de primera generación. Al aplicar la luz de las lámparas LED a los composites, no se manifiestan diferencias significativas en las lecturas de microdureza, a pesar de la diferencia de intensidad de las lámparas. es importante mencionar que los resultados obtenidos por las lámparas LED utilizadas en esta investigación confirman las observaciones de SH Park⁶³ quien en su investigación compara los sistemas de fotopolimerización Halógeno convencional con LED de primera y segunda generación, afirmando que las lámparas LED de primera generación no fotocuran con efectividad suficiente para competir con los sistemas halógenos, en sus conclusiones menciona que tanto las lámparas halógenas convencionales como las LED de segunda generación fotopolimerizan con mayor eficiencia a los composites respecto a las lámparas LED de primera generación.

Los radiómetros convencionales no resultan confiables en las lámparas LED, ya que la naturaleza de su Radiancia es distinta a la halógena. Entre otros factores que diferencian el efecto polimerizante entre las dos lámparas (halógenas y LED), se encuentra la termoestimulación, pues las lámparas halógenas emiten calor, a diferencia de la LED, considerada como luz fría. Existe una nueva generación de radiómetros que determinan el nivel de luminosidad de la luz LED.

La diferencia entre las dos lámparas halógenas de alta y baja intensidad entre sí se manifiesta claramente tanto al radiómetro como en la microdureza que provocan a los composites fotocurados por ellas; Los resultados obtenidos por la lámpara halógena de baja intensidad son significativamente inferiores a los de la lámpara halógena de alta intensidad.

Analizando la cantidad real de energía lumínica aplicada durante una fotopolimerización, se puede argumentar que no se aplica igual para todas las muestras, ya que se requiere una energía luminosa equivalente a 16 J/cm^2 (Joules) para ob-

tener una correcta fotopolimerización de acuerdo a Chye⁶⁴ por lo tanto si se aplican 40 segundos de iluminación, se beneficia finalmente a las muestras que reciben 400mW/cm², mientras que las muestras que reciben 200mw/cm² durante 40 segundos, en realidad obtienen solamente 8 Joules, lo que significa el 50% de la energía necesaria, provocando una polimerización incompleta la cual permite el deterioro de las propiedades mecánicas, aumenta la absorción de agua y la susceptibilidad al cambio de color de los composites, Leonard⁶² dice que esto puede observarse clínicamente como fallas en la restauración, y aumento de sensibilidad debido a una respuesta pulpar adversa causada por los monómeros residuales. La estandarización de acuerdo a los Joules/ cm² aplicados, es recomendable para este tipo de investigaciones comparativas de diferentes fotocurados, calculando que los tiempos de irradiación correspondan correctamente a las densidades de potencia de las lámparas.

El factor tiempo no produce cambios significativos de acuerdo al análisis estadístico realizado a los grupos de composites almacenados y posteriormente analizados.

Las lecturas del promedio general de microdureza a 24 horas de la fotopolimerización resultan ser las más altas respecto a las lecturas obtenidas a siete días y a un mes, entonces el fenómeno de post polimerización llamado reacción oscura descrito por Gómez Mendo¹ no se manifiesta en la polimerización de los tres composites analizados, pues no se eleva la microdureza en los grupos muestrales observados, por el contrario presentan una disminución no significativa.

La micro durometría resulta un dato útil para diferenciar a un composite respecto a otro, pero existen otros análisis a tomar en cuenta para determinar las cualidades de un composite de acuerdo a otras propiedades mecánicas como por ejemplo la resistencia al desgaste estudiada por Barkemeier⁴⁴, es por ello que

en la presente investigación se realizan adicionalmente pruebas de resistencia a la compresión, y a cambios térmicos en algunas muestras, procurando obtener datos más reveladores de diferencias entre los composites.

En esta investigación se realizaron también pruebas de resistencia a la compresión y análisis a cambios térmicos de los composites fotocurados por las cuatro lámparas.

Respecto a las pruebas de resistencia a la compresión, las 60 muestras confeccionadas en forma de pastillas de diferentes espesores, estas fueron trituradas en la máquina Istron 4469, registrándose su punto inicial de fractura. Los resultados mostraron una mayor resistencia a la fractura de los composites de menor espesor (Figura 20, Tabla 153); Tomando como referencia la investigación de Soares⁴⁸ quien observó la resistencia a la fractura en piezas restauradas con composite sometidas a compresión directa entre las platinas de una máquina Istron modelo 4411.

El análisis de termogravimetría permitió definir el porcentaje en peso de material inorgánico respecto al orgánico en los tres composites mediante pruebas de elevación controlada de la temperatura; manifestándose una mayor resistencia a la degradación por calor en los composites de mayor contenido inorgánico ($p < 0.005$). Los análisis termomecánicos no manifestaron diferencias significativas entre los tres materiales, observándose un comportamiento similar entre los tres composites respecto a la distorsión por calor. Cabe mencionar que en la literatura disponible no se encontraron registros de análisis termomecánicos a composites dentales realizados con los equipos TMA 2940 por lo que se adoptó la metodología aplicable para pruebas de calcinación de polímeros en general.

Schneider ⁶⁵ relacionó los métodos de fotocurado con los cambios de temperatura en el composite durante el proceso de endurecimiento del mismo, sin encontrar variaciones en la microdureza final del material, determinando que la fuente de luz halógena produjo las más altas temperaturas respecto a otras fuentes de fotocurado. Este tipo de trabajos abren nuevas líneas de investigación para analizar más a fondo la relación entre las fuentes de polimerización, profundidad de polimerización, temperatura y tiempo durante el proceso de fotocurado.

Interrelacionando los resultados de las pruebas mecánicas efectuadas a los composites se observa la posibilidad de integrar los datos en ecuaciones simples con el propósito de determinar índices de resistencia integral.

El campo de investigación de los sistemas de fotocurado y los composites sigue siendo extenso de explorar aún. Para lograr una mejor comprensión del comportamiento físico de estos materiales utilizados en la restauración clínica, es necesario continuar analizándolos en todas las formas posibles y con los nuevos elementos disponibles

CONCLUSIONES

En respuesta a los objetivos planteados, se puede concluir que:

- 1.- Los valores de microdureza obtenidos con la lámpara halógena a 400 mW/cm² fueron superiores a los obtenidos con LED a 400 mW/cm² y LED a 200 mW/cm². Con la halógena a 200 mW/cm² los resultados fueron inferiores al resto de las lámparas.
- 2.- Los valores más altos de microdureza se obtuvieron con el composite Quixfil seguido por Filtek 250. Los peores valores se obtuvieron con Point 4.

BIBLIOGRAFÍA

1

.- Gomez Mendo I, Llamas Cadaval R, Loez Moya G, Jimenez Planas A. Microdureza superficial de resinas compuestas híbridas de partícula ultra pequeña. Revista Europea de Odonto-estomatología 1995;7(3):133-138.

2.- Menezes MA, Muench A. Dureza Knoop de resinas compostas em função do número relativo de radicais livres. Revista Odontológica da Universidade de Sao Paulo 1998;12(3):281-285.

3. - Kalliyana Krishnan V, Yamuna V. Effect of initiator concentration, exposure time and particle size of the filler upon the mechanical properties of a light curing radiopaque dental composite. Journal of oral rehabilitation 1998; 25(10):747-751.

4. - Wilson GS, Davies EH, Von Fraunhofer JA. Micro-hardness Characteristics of Anterior Restorative Materials. British Dental Journal 1980;148(2):37-40.

5. -Yoshida K, Matsumura H, Tanaka T, Atsuta M. The relationship between monomer composition and physical properties of light-cured opaque resins. Dental Materials 1992;8(2):137-139.

6. - Asmussen E, Peutzfeld A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dental Materials 1998;14(6):51-56.

7. - Terry DA. What other restorative materials has so many uses? Dental Economics; Tulsa, 2002(supl): 4-12 www.KerrDental.com, 07-04-03.

8- Lupi A. Fotopolimerizzazioni di materiale dentario composito con sorgente di luce al plasma. Journal of Evolutionary Dentistry 2002 3(2):1-6 www.dental-smile.com, 7-04-03..

BIBLIOGRAFÍA

9. - Xu HH. Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. *Journal of Dental Research* 1999;78(7):1304-1311.
10. - Yoshida K, Shirai K, Nakayama Y, Itoh M. Improved filler-matrix coupling in resin composites. *Journal of Dental Research* 2002;81(4):270-274.
11. - Harrison A, Draughn RA. Abrasive wear tensile strength and hardness of dental composite resins-is there a relationship? *Journal of Prosthetic Dentistry* 1976;36(4):395-398.
12. - Santerre JP, Shajii L, Tsang H. Biodegradation of commercial dental composites by cholesterol esterase. *Journal of Dental Research* 1999;78(8):1459-1469.
13. - Purk JH, Dusevich V, Glaros A, Spencer P, Erick D. In vivo versus in vitro micro tensile bond strength of axial versus gingival cavity preparation walls in Class II resin-based composite restorations. *Journal of American Dentistry Association* 2004;135(2):185-193.
14. - Stansbury JW, Dickens SH. Determination of double conversion in dental resins by near infrared spectroscopy. *Dental Materials* 2001;17(1):71-79.
15. - Somerton M, Baden M, Ward IM, Woods DW. Share properties of some dental and other polymers. *Journal of Biomaterials* 1991;12(1):13-16.
16. - Barrancos J. *Operatoria Dental*. Editorial Médica Panamericana, 3ª edición, 1999 México: 265-266, 663-665.

TESIS DOCTORAL

17. - Braga RR, Ferracane JL. Contraction stress related to degree of conversion and reaction Kinetics. *Journal of Dental Research* 2002;81(2):114-119.
18. - Bagis YH, Rueggeberg FA. The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in a commercial resin composite. *Dental Materials* 2000;16(4):244-247.
19. - Lovell LG, Newman SM, Bowman CN. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimetacrylate dental resins. *Journal of Dental Research* 1999;78(8):1469-1477.
20. - Cabanes Gambau G. Fuentes lumínicas para la fotoactivación en odontología. *Quintessence International* 2003 ;16(3):171-177.
21. - Dannheimer MFG, Marais JT, Borman J, Germishuys PG, Neal JC. Surface hardness of light-cured composite resin cured directly or through a transparent matrix using three different light guides. *Journal of the Dental Association of South Africa* 1996;51(4):193-195.
22. - Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do the dental composites always shrink toward the light? *Journal of Dental Research* 1998;77(6):1435-1445.
23. - Asmussen E, Peutzfeld A. Influence of pulse- delay curing on softening of polymer structures. *Journal of Dental Research* 2001;80(6):1570-1574.
24. - Chistensen GJ. The lighth-curing mania Observations. *Journal of American Dental Assotiation* 2004;135(4):461-463.

BIBLIOGRAFÍA

25. - Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. Color and Translucency of A2 Shade Resin Composites After Curing, Polishing and Thermocycling. *Operative Dentistry* 2005;30(4): 436-442 .
26. - Millich F, Jean L, Eric JD, Chappelow CC, Pinzino CS. Elements of light-cured epoxy-based dental polymer systems. *Journal of Dental Research* 1998;77(4):603-607.
27. - Kurachi C, Tuboy AM, Magalhaes DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dental Materials* 2001;17(4):309-315.
28. - Saravia Rojas MA. Una nueva e innovadora propuesta tecnológica para fotopolimerización de materiales dentales: Luz emisión de diodos (LED) <http://www.odontología-online.com/casos/part/MAS/MASO2.htm>.
29. - Cavalcante LMA, Influence of Polymerization technique on Microleakage and microhardness of resin composite Restorations. *Operative Dentistry* 2003;28(2):200-206.
30. - Matsumura H, Tanoue N, Atsuta M, Kitasawa S. A metal halide light source for laboratory curing of prosthetic composite materials. *Journal of Dental Research* 1997;76(2):688-693.
31. - Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials* 1985;1(1):11-14.
- 32 - Watts DC, Amer OM, Combe EC. Surface hardness development in light-cured composites. *Dental Materials* 1987;3(5):265-269.

TESIS DOCTORAL

33. - Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Journal of Dental Research* 1982;90(6):484-489.
34. - Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *Journal of Dental Research* 1997;76(8):1508-1516.
35. - Hussey DL, Biagioni PA, Lamey PJ. Thermo graphic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. *Journal of Dental Research* 1995;23(5):267-271.
36. - Loza-Herrero MA, Rueggeberg FA, Caughman WF, Schuster GS. Effect of heating delay on conversion and Strength of a post-cured resin composite. *Journal of Dental Research* 1998;77(2):426-432.
37. - Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dental Materials* 2001;17(1):34-39.
38. - Hansen EK. After polymerization of visible light activated resins: Surface hardness vs. light source. *Scand Journal of Dental Research* 1983;91(5):406-410.
39. - Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Journal of Dental Research* 1997;76(4):883-887.
40. - Cook WD. Factors affecting the Depth of Cure of UV-Polymerized Composites. *Journal of Dental Research* 1980;59(5):800-808..

BIBLIOGRAFÍA

41 - American Society for Metals Handbook Committee. Metal Handbook. ASM International Vol. 8, 1985; 15th Reimpresion 1995. ISBN: 0-87170-014-X.

42. - Yap A. Effectiveness of Polymerization in Composite Restoratives Claiming Bulk Placement: Impact of Cavity Depth and Exposure Time. Operative Dentistry 2000;25(2):113-120.

43. - Álvarez C, Carrillo JS, Calatayud J, Carrillo I, Latorre R. Análisis comparativo de la microdureza de Rockwell superficial y Vickers en diferentes composites con esmalte y dentina natural. Dentsply DeTrey Iberia [www.dentsply-iberia.com/noticias/clinica/2001\(supl\)/9:1-7/1704htm](http://www.dentsply-iberia.com/noticias/clinica/2001(supl)/9:1-7/1704htm).

44. - Wayne W, Barkemeier, Arleta M, Erickson RL, Lambrechts P. Comparison of laboratory and clinical wear rates of resin composites. Quintessence International 2004;35(4):269-274.

45. - Tachibana K, Kuroe T, Tanino Y, Satoh N, Ohata N, Sano H, Caputo AA. Effects of Incremental curing on contraction stresses associated with various resin composite buildups. Quintessence International 2004;35(4): 299-306.

46. - Stahl F, H.Ashworth S, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. Biomaterials 2000;21(13):1379-1385.

47. - Loguercio AD, Bauer JRO, Reís A, Miranda RE. In vitro microleakage of packable composites in Class II restorations. Quintessence International 2004; 35(1):29-34 .

TESIS DOCTORAL

48. - Soares CJ, Martins LR, Guardeiro JM, Pfeifer A, Giannini M. Fracture resistance of teeth restored with indirect-composite and ceramic inlay systems. *Quintessence International* 2004;35(4): 281-286.
49. - Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LED's). *Dental Materials* 2000;16(1):41-47.
50. - Suzuki S, Suzuki SH. Evaluating the antagonistic wear of restorative materials when placed against human enamel. *Journal of American Dental Association*, 1996;127(1):74-80 .
51. - Carpena López G, Baratieri LN, Monteiro S, Cardoso LC. Effect of posterior resin composite placement technique on the resin-dentin interface formed in vivo. *Quintessence International* 2004;35(2):156-160.
52. - Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LED's for the polymerization of oral biomaterials. *Dental Materials* 2004;20(1):80-87.
53. - Bennett AW, Watts DC. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation –time. *Dental materials* 2004;20(1):72-79.
54. - Uhl A, Michellis C, Mills RW, Jandt KD. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. *Dental Materials* 2004;20(1): 21-28.
55. - Comité Europeo de Normalización. Norma Europea en ISO 4049:2000 Materiales de obturación, restauración y sellado a base de polímeros. Universidad Complutense ICS11060.10. 2000 julio: 3-34.

56. - Mendenhall W, Sinicich T. Statistics for Engineering and sciences. Prentice Hall. Inc. Internacional four edition 1995 : 12-14, 843-854 .

57. - Teshima W, Namura Y, Tanaka N Urabe H, Okazaki M, Nahara Y ESR Study of camphorquinone/ amine photo initiator systems using blue light-emitting diodes. Biomaterials 2003;24(12): 2097-2103 .

58. - Arias JR, Azabal JR, Hidalgo JJ. Estudio de la profundidad de polimerización de una ormocera frente a una resina compuesta convencional. RCOE 2001;6(5):491-497.

59- Lombardini M, Poggio C. Nuovo materiale estético per il restauro del settorriu: valuatzione Della durezza di superficie e Della profundita di polimerizzazione. Journal of Evolutionary Dentistry 2002;3(2): http://www.dental-smile.com/2002/3-2-2002_3.htm :1-8..

60. - Tsai PCL,. Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. Dental Materials 2004: 20(4): 364-369.

61. - Mongruel OM, Grau P, Porlero PP, Nieto L, Dasvirgens FJ. Influencia del espesor de una resina de laboratorio de segunda generación y la lámpara polimerizante en la dureza Vickers de un cemento resinoso. Revista de Actas odontológicas. Universidad Católica de Uruguay ISSN1510-8139 2005 2(2):39-44 www.ucu.edu.uy/facultades/odontologia/actas .

62. - Leonard DL. Polymerization efficiency of LED curing lights. Journal of Es-thetic Restorative Dentistry 2002;14(5): 286-295 .

63. - Park SH, Kim SS, Cho YS, Lee SY, Noh BD. Comparison of Linear Polymerization Shrinkage and Microhardness Between QTH-cured & LED-cured Composites. *Operative Dentistry* 2005;30(4):461-467.

64. - Chye CH, Yap AUJ, Laim YC, Soh MS. Post-gel Polymerization Shrinkage Associated with Different Light Curing Regimens. *Operative Dentistry* 2005;30(4): 474-480.

65. - Schneider LFJ, Consani S, Sinhoreti MAC, Sobrinho LC, Milan FM. Temperature Change and Hardness with Different Resin Composites and Photoactivation Methods. *Operative Dentistry* 2005;30(4): 516-521.

ANEXOS

En este capítulo se muestran figuras, gráficas y resultados que arrojan los equipos de medición de durometría, compresión, termogravimetría, y espectroscópica de infrarrojo; en el siguiente orden:

Anexos 1. Durometrías, tablas y gráficas.

Anexos 2. Gráficas y resultados de las mediciones de resistencia a la compresión registrados por la máquina Istron.

Anexos 3. Gráficas de las mediciones registradas por termogravimetría.

Anexos 4. Gráficas de las mediciones registradas por termomecánica.

Anexos 5. Gráficas del análisis de espectroscopia de infrarrojo.

ANEXOS 1. DUROMETRÍAS, TABLAS Y GRÁFICAS.

A continuación se muestran 11 gráficas estadísticas que ilustran sobre la influencia de las variables independientes lámpara, composite, sitio, tiempo sobre la variable dependiente microdureza, así como la interacción de todas las variables.

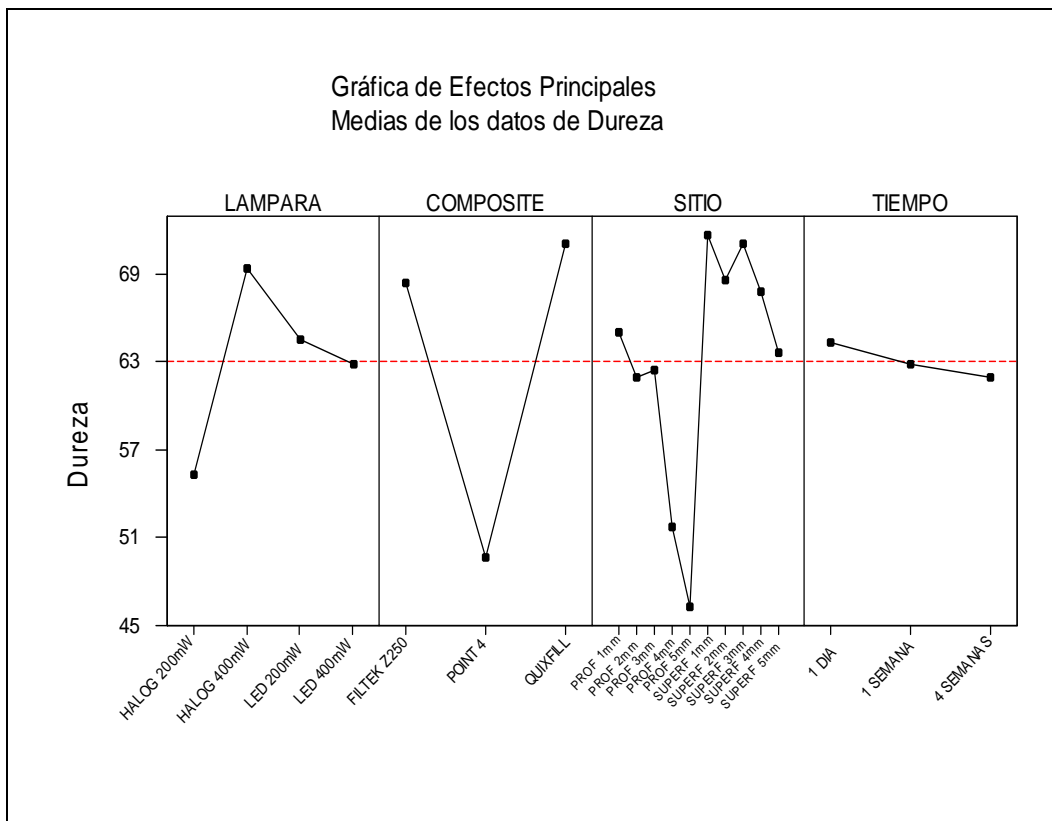


Figura 1. Valores generales de la microdureza afectada por las cuatro principales variables observadas en esta investigación.

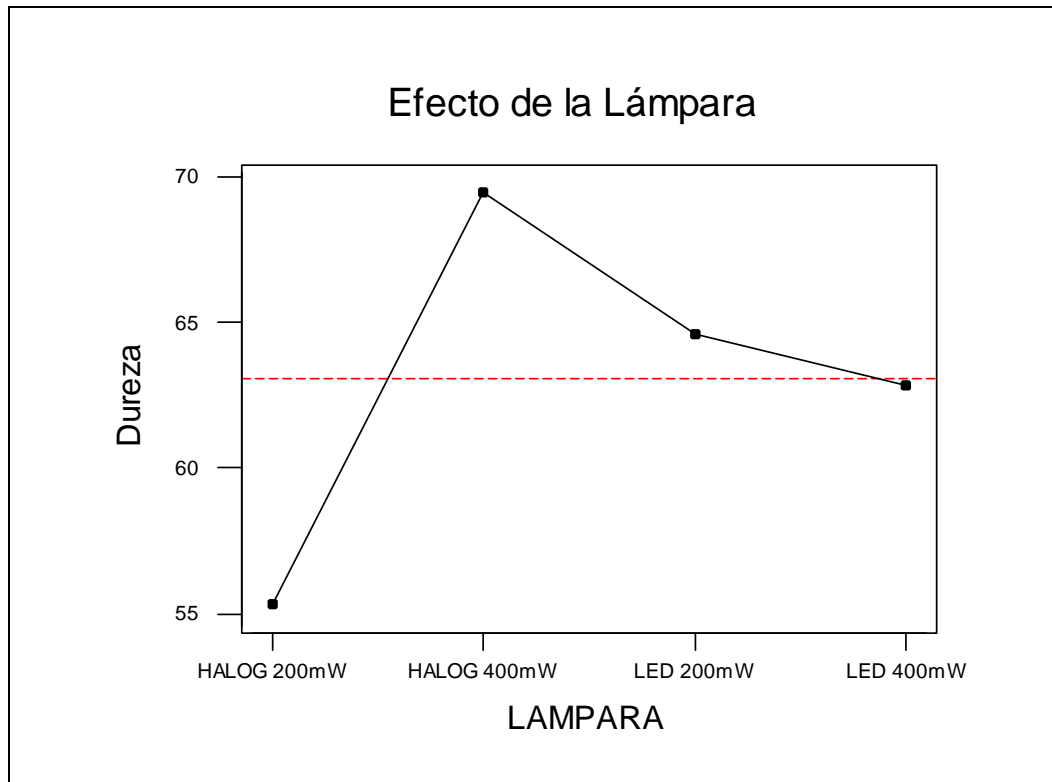


Figura 2. Valores generales de microdureza obtenidos de la foto polimerización por cuatro lámparas diferentes.

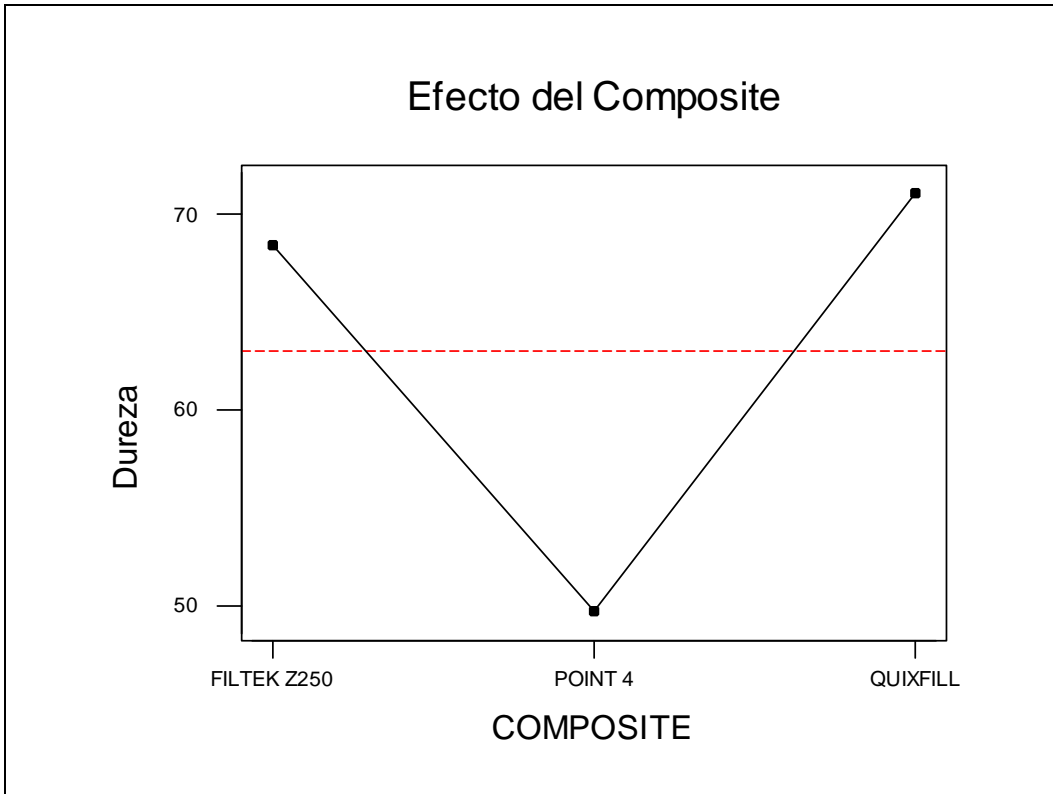


Figura 3. Muestra la diferencia en la microdureza media entre los tres composites.

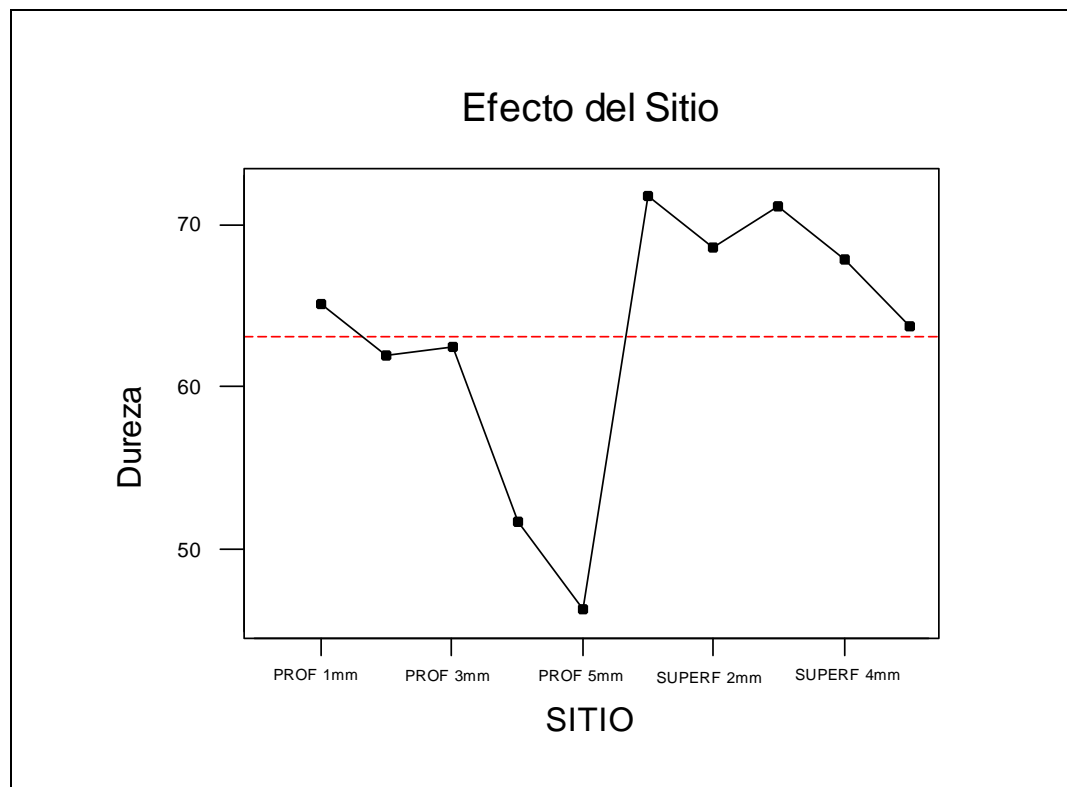


Figura 4 Manifiesta la diferencia entre los valores medios generales en la microdureza de las superficies respecto a diferentes profundidades (del centro de la gráfica hacia el lado izquierdo los resultados corresponden a sitios profundos y hacia la derecha a superficies).

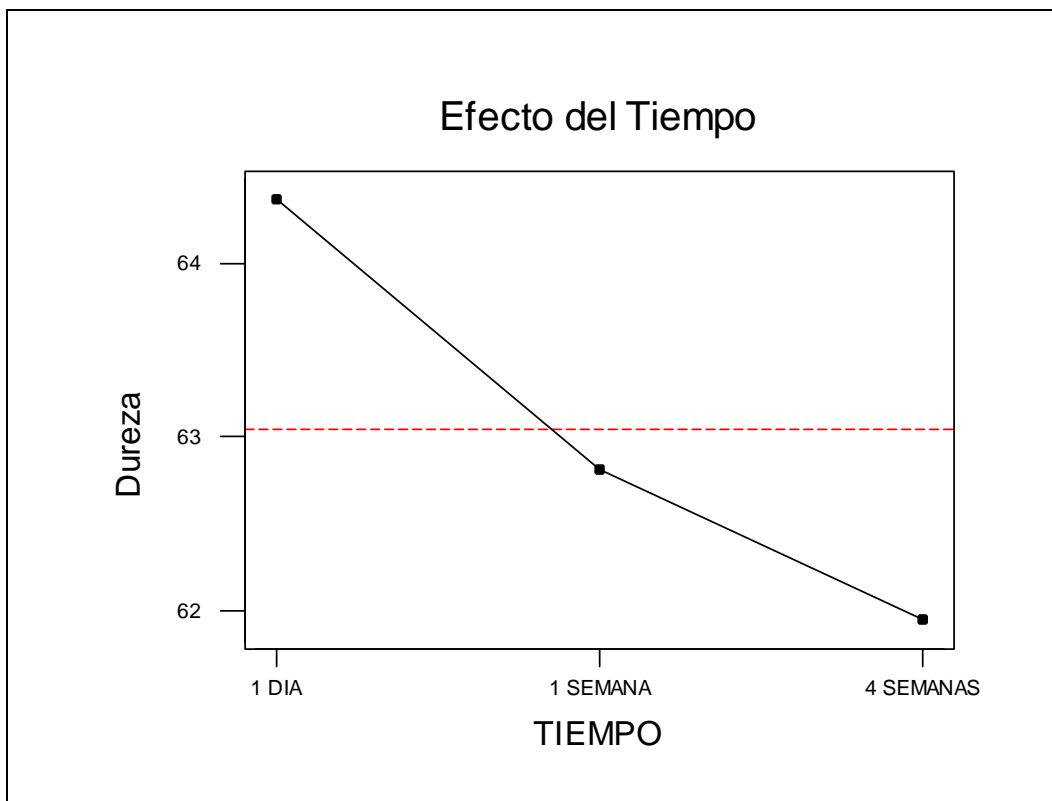


Figura 5. Se observa un descenso la microdureza respecto al tiempo.

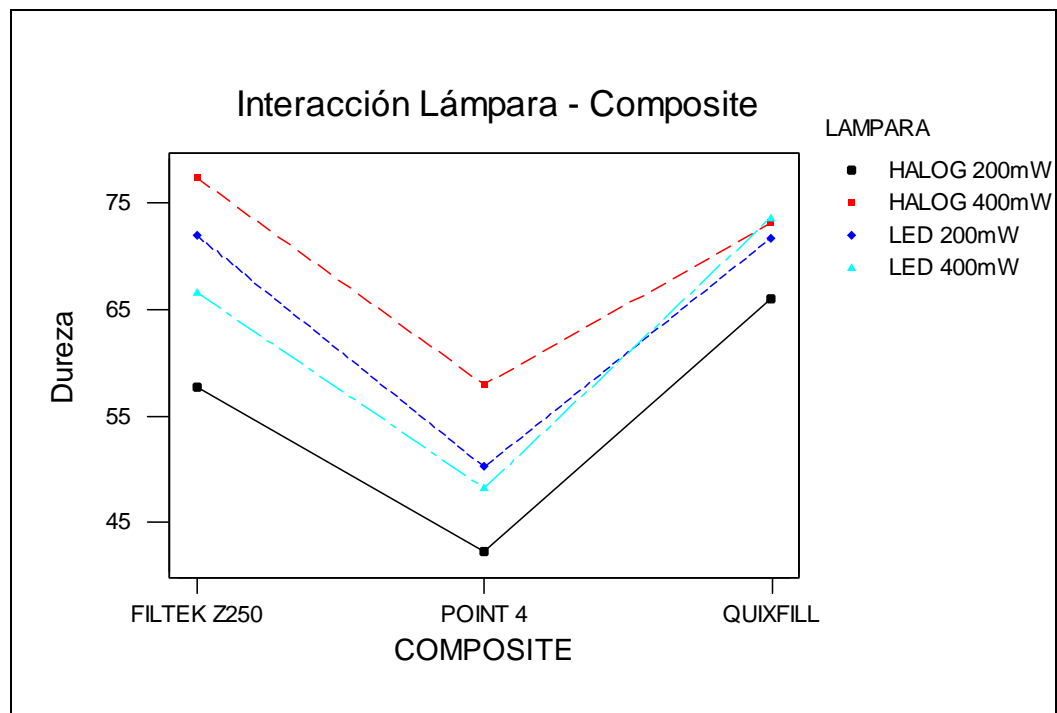


Figura 6. Efecto que provocan las cuatro lámparas en la microdureza de cada composite.

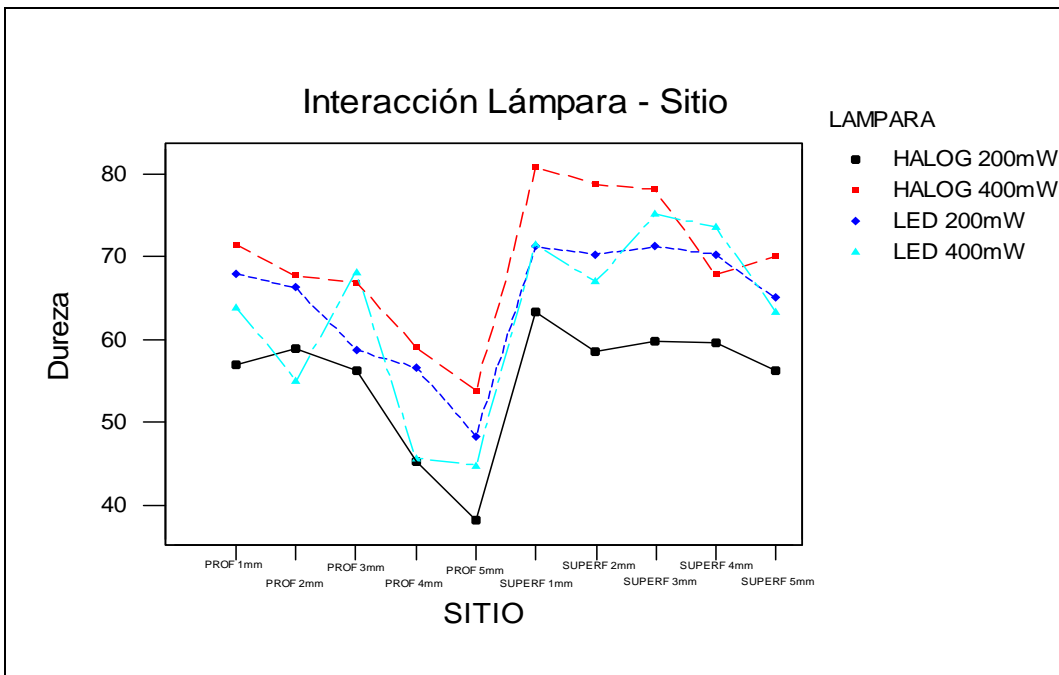


Figura 7. Variaciones en la microdureza obtenida de la polimerización con 4 lámparas, manifestadas en las superficies y a diferentes profundidades.

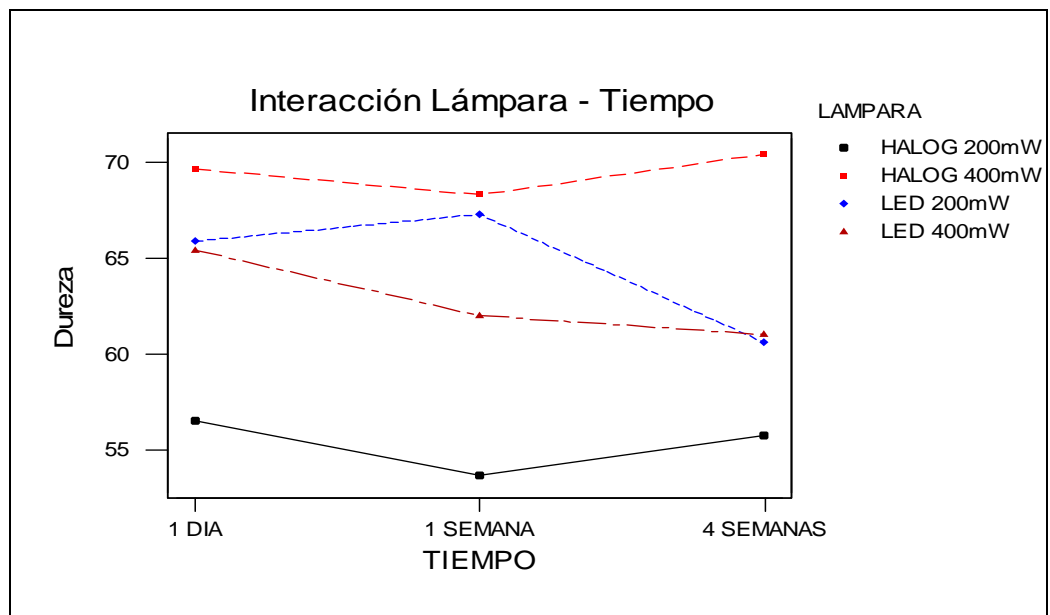


Figura 8. Se observan cambios de la microdureza media general obtenida de los cuatro sistemas de polimerización, provocados por el tiempo.

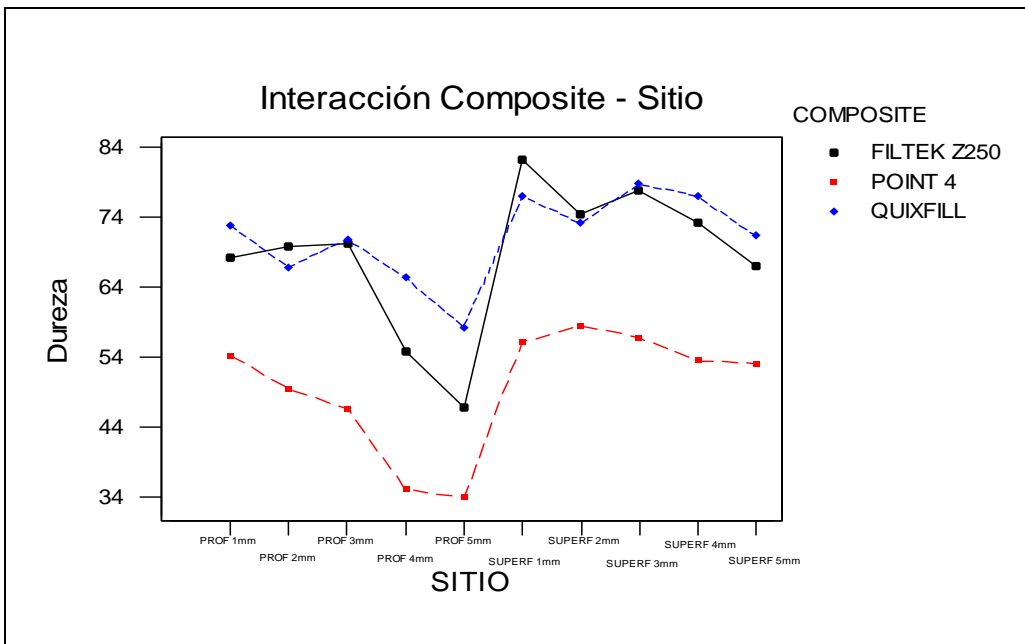


Figura 9. Microdureza media general de los composites manifestada en diferentes sitios (del centro de la gráfica a la izquierda los resultados corresponden a sitios profundos, y hacia la derecha a superficies).

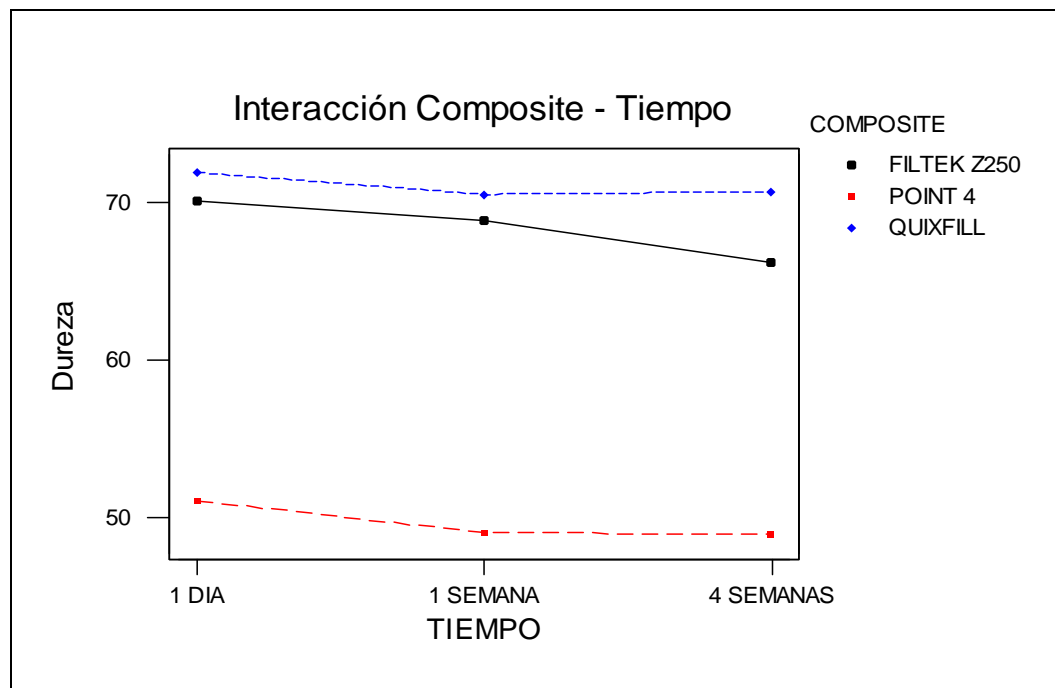


Figura 10. Variaciones en la microdureza de los tres composites manifestadas en los tres tiempos posteriores a su foto polimerización.

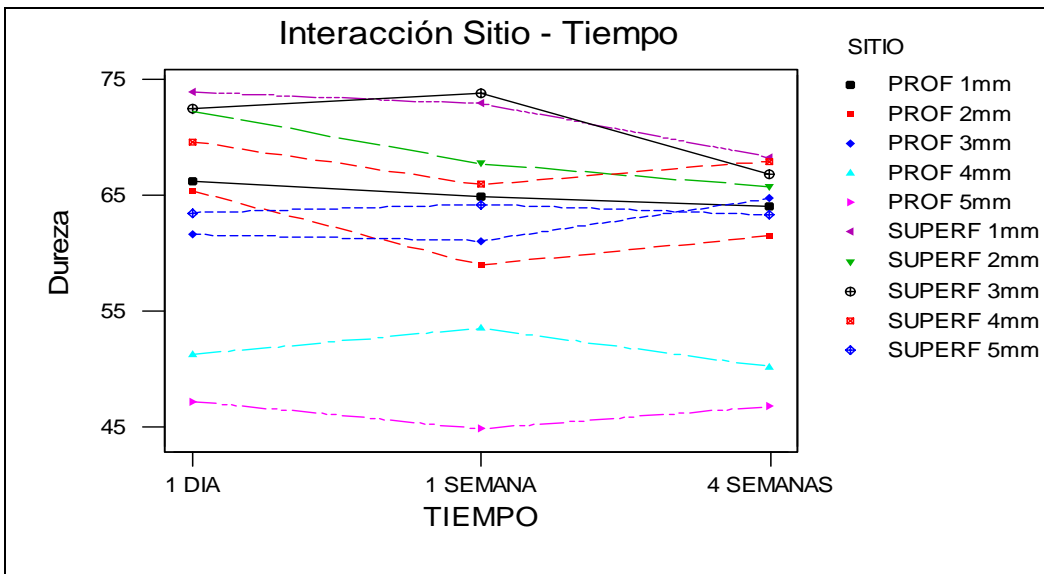


Figura 11. Variaciones en la microdureza superficial y a diferentes profundidades provocada por el tiempo.

Tabla 1. Medias de durometrías a 1, 7,30 días en los grupos de 1 al 12.

Grupo	Composite	Lámpara	Sitio	Dureza media a 24 h. (HKN)	D. Típica	Dureza media a 7 días(HKN)	D. Típica	Dureza media a 30 días(HKN)	D. Típica
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	sup 1mm	45.7	3.9	59.5	2.62	56.26	3.05
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	sup 2mm	62.26	1.28	59.3	3.63	54.5	11.63
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	sup 3mm	58.96	5.67	58.8	2.38	52.83	3.37
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	sup 4mm	67.8	11.09	53.1	0.17	55.03	3.91
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	sup 5mm	54.4	9.9	50.2	4.15	48.1	4.34
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	prof 1mm	57	11.96	47.16	5.71	54.4	4.61
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	prof 2mm	51.16	3.61	49.26	5.69	42.66	2.13
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	prof 3mm	41.36	6.09	42.93	7.34	43.7	2.51
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	prof 4mm	38.33	3.3	38.93		43.26	
1	Point 4 (Kerr)	LED 200mW	prof 5mm	36.18	3.08	37.8	4.53	28.7	5.11
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	sup 1mm	87.86	7.01	94.13	10.06	63.1	9.45
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	sup 2mm	88.26	13.44	78.06	6.88	64.16	2.43
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	sup 3mm	73.5	9.78	97.8	8.33	73.66	7.47
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	sup 4mm	81.53	15.73	76.63	12.63	66.2	4.56
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	sup 5mm	76.4	12.96	70.33	5.58	66.8	7.45
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	prof 1mm	78.63	4.11	84.76	3.41	68.36	0.11
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	prof 2mm	92.73	12.28	80.3	7.48	70.46	2.11
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	prof 3mm	74.26	5.03	64.86	6.19	72.4	8.91
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	prof 4mm	54.23	4.03	73.83	12.53	55.2	5.65
2	Filtek Z250(3M)	LED 200mW	prof 5mm	42.2	3.42	46.86	8.82	39.76	1.68
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	sup 1mm	77.83	2.81	84.43	13.97	72.2	5.26
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	sup 2mm	76.26	7.93	82.6	5.11	66.66	5.7
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	sup 3mm	68.76	7.39	80.96	2.2	75.76	4.13
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	sup 4mm	70.2	7.3	79.8	13.47	82.26	3.08
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	sup 5mm	75.73	1.52	67	8.24	76.1	7.07
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	prof 1mm	70.8	6.2	79.13	1.81	71.43	0.4
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	prof 2mm	72.36	5.2	70.23	1.8	67.3	4.74
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	prof 3mm	53.56	9.41	74.4	10.24	63.23	9.65
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	prof 4mm	66.9	10.08	75.46	11.02	63.3	6.15
3	Quixfill(Dentsply)	LED 200mWL	prof 5mm	63	12.45	61.83	2.77	60.83	6.88

Tabla 1 (continuación). Medias de durometrías a 1, 7,30 días en los grupos de 1 al 12.

Grupo	Composite	Lámpara	Sitio	Dureza media a 24 h. (HKN)	D. Típica	Dureza media a 7 días(HKN)	D. Típica	Dureza media a 30 días(HKN)	D. Típica
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	sup 1mm	60.36	4.6	64.36	5.06	63.6	5.1
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	sup 2mm	83	12.37	66.73	1.97	68.33	2.7
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	sup 3mm	55.4	3.1	76.33	14.43	64.5	11.4
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	sup 4mm	55.76	8.38	49.9	3.25	61.93	9.32
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	sup 5mm	53.26	3.56	65	1.5	60.3	8.42
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	prof 1mm	49.93	3.53	70.86	16.84	63.46	3.75
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	prof 2mm	49.5	2.75	55.06	1.75	66.03	2.15
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	prof 3mm	49.9	2.86	47.5	2.35	59.26	3.59
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	prof 4mm	42.4	0.51	47.96	3.79	58.06	1.23
4	Point 4(Kerr)	Hal 400mW	prof 5mm	49.76	8.17	42.3	3.96	37.63	11.12
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	sup 1mm	84.96	2.1	74.76	15.5	87.03	5.85
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	sup 2mm	82.36	4.7	69.86	6.82	78.66	5.06
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	sup 3mm	86.23	10.58	78.63	11.17	74.66	8.2
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	sup 4mm	74.43	5.98	85.2	12.26	66.23	5.6
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	sup 5mm	69.8	3.83	94.06	18.29	62.56	7.32
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	prof 1mm	69.73	8.43	73.36	5.72	82.4	2.11
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	prof 2mm	75.86	7.55	60.3	2.42	78.7	8.75
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	prof 3mm	70.7	8.1	58.1	3.29	85.16	2.41
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	prof 4mm	68.33	3.96	58.93	4.93	61.46	11.18
5	Quixfill(Dentsply)	Hal 400mW	prof 5mm	64.16	4	55.13	2.87	59.96	7.41
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	sup 1mm	104	2.45	94.66	14.61	93.5	1.13
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	sup 2mm	85.76	7.03	79.73	8.8	94	10.48
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	sup 3mm	94.06	1.37	81.2	3.74	91.83	12.31
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	sup 4mm	83.86	5.32	71.63	6.47	61.56	1.66
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	sup 5mm	76.96	6.39	75.7	5.97	72.9	3.83
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	prof 1mm	76.26	8.76	75.9	4.41	80.76	0.87
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	prof 2mm	72.1	13.51	73.63	10.12	75.53	6.21
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	prof 3mm	74.3	12.3	78.24	1.91	79.03	3.32
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	prof 4mm	67	11.37	67.73	6.63	59.9	5.5
6	Filtek Z250(3M)	Hal 400mW	prof 5mm	56.7	9.49	56.1	9.85	62.66	6.17

Tabla 1 (continuación). Medias de durometrías a 1, 7,30 días en los grupos de 1 al 12.

Grupo	Composite	Lámpara	Sitio	Dureza media a 24 h. (HKN)	D. Típica	Dureza media a 7 días(HKN)	D. Típica	Dureza media a 30 días(HKN)	D. Típica
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	sup 1mm	79.63	5.85	85.9	5.62	64.6	7.8
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	sup 2mm	74.33	3.23	70.93	9.04	62.26	5.56
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	sup 3mm	82.36	2.4	83.23	2.4	78.8	7.6
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	sup 4mm	85.1	11.89	76.46	16.84	84.8	6.91
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	sup 5mm	70.93	7.89	58.3	6.28	58.76	9.49
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	prof 1mm	72.56	4.86	57.93	13.32	47.93	7.94
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	prof 2mm	64.96	5.39	57.2	7.3	49.9	4.67
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	prof 3mm	75.33	7.44	82.03	1.45	65.2	5.77
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	prof 4mm	50.5	11.32	52.7	1.5	49.16	1.6
7	Filtek Z250(3M)	LED 400mW	prof 5mm	49.8	4.1	50.96	6.65	56.23	3.46
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	sup 1mm	63.8	10.56	59.06	3.78	50.3	3.11
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	sup 2mm	56.96	4.67	47.76	2.97	56.43	2.34
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	sup 3mm	76.26	9.08	51.2	2.62	49.06	2.23
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	sup 4mm	67.03	14.59	55.9	5.27	44.63	7.55
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	sup 5mm	50.76	7.76	56.8	9.95	58.56	4.86
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	prof 1mm	57.56	7.82	57.16	1.6	49.2	4.79
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	prof 2mm	50.76	0.57	44.5	1.38	45.83	5.52
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	prof 3mm	48.63	3.53	45.5	3.9	54.5	4.07
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	prof 4mm	23.83	4.52	23.83	6.47	20.3	0.51
8	Point 4(Kerr)	LED 400mW	prof 5mm	24.36	4.58	28.63	5.46	27.5	5.53
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	sup 1mm	87.76	6.4	71.83	3.07	83.46	7.62
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	sup 2mm	72.86	3.83	84.86	7.6	76.26	12.51
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	sup 3mm	86.1	6.25	87.06	9.15	82	6.9
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	sup 4mm	78.43	8.47	73.53	7.21	96.93	2.7
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	sup 5mm	64.73	13.25	64	10.38	87.76	8.82
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	prof 1mm	84.1	3.89	78.5	7.9	69.8	0.79
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	prof 2mm	63.6	4.25	53.46	3.55	65.1	1.11
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	prof 3mm	82.06	1.91	81.2	5.97	78.56	7.22
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	prof 4mm	65.1	7.45	70.4	7.1	55.66	2.98
9	Quixfill(Dentsply)	LED 400mW	prof 5mm	53.23	8.2	49.2	5.54	61.36	4.95

Tabla 1 (continuación). Medias de durometrías a 1, 7,30 días en los grupos de 1 al 12.

Grupo	Composite	Lámpara	Sitio	Dureza media a 24 h. (HKN)	D. Típica	Dureza media a 7 días(HKN)	D. Típica	Dureza media a 30 días(HKN)	D. Típica
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	sup 1mm	65.46	8.05	72.23	5.06	80.4	4.37
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	sup 2mm	62.36	3.51	64.63	1.5	68.43	2.97
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	sup 3mm	58.9	3.6	58.93	1.97	58.53	6.01
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	sup 4mm	61.93	3.41	60.63	5.17	68.56	10.61
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	sup 5mm	59.6	2.52	56.86	4.57	58.56	6.3
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	prof 1mm	54.1	3.62	49.93	5.01	71.46	11.66
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	prof 2mm	63.56	9.38	63.5	4.91	71.1	4.71
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	prof 3mm	56.2	12.52	54.6	6.37	64.3	3.57
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	prof 4mm	43.46	5.47	44	5.71	38.73	8.08
10	Filtek Z250(3M)	Hal 200mW	prof 5mm	29.86	1.45	30.96	4.51	38.96	4.21
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	sup 1mm	51.93	1.1	51.66	8.78	46.56	2.8
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	sup 2mm	54.93	7.5	42.13	3.84	47.9	5.65
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	sup 3mm	48.2	1.91	47.03	2.11	42.6	4.01
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	sup 4mm	40.9	3.9	38.86	0.23	50.5	7.76
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	sup 5mm	48.8	5.02	44.86	9.39	44.73	6.44
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	prof 1mm	55.23	1.75	46.1	7.92	42.4	4.51
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	prof 2mm	46.13	8.21	44.86	1.25	46.5	2.95
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	prof 3mm	41.03	2.57	41.56	3.69	43.46	1.62
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	prof 4mm	28.6	3.79	24.93	7.49	30.16	5.04
11	Point 4 (Kerr)	Hal 200mW	prof 5mm	26.63	4.1	26.33	4.96	22.9	0.7
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	sup 1mm	80.96	11.56	62.66	7.46	58.5	9.77
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	sup 2mm	68.2	6.42	66.63	3.63	51.3	6.41
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	sup 3mm	80.63	10.9	85.33	8.79	58.16	8.18
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	sup 4mm	68.86	8.97	69.53	7.92	77.4	1.64
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	sup 5mm	60.73	0.98	67.76	3.61	64.63	3.92
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	prof 1mm	69.2	8.75	57.86	10.44	66.63	5.66
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	prof 2mm	79.83	4.65	55.86	3.88	59.06	2.81
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	prof 3mm	72.13	1.36	64.13	6.11	68.03	8.11
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	prof 4mm	66.6	3.02	63.53	7.47	67.33	3.45
12	Quixfill(Dentsply)	Hal 200mW	prof 5mm	50.8	5.6	52.03	5.35	64.96	2.13

A continuación se muestran 12 figuras en gráfica de barras que ilustran los diferentes niveles de microdureza que manifestaron los grupos maestres de acuerdo a la lámpara utilizada para su foto polimerización así como el orden cronológico de las durometrías y el espesor de la muestra desde 1mm a 5mm

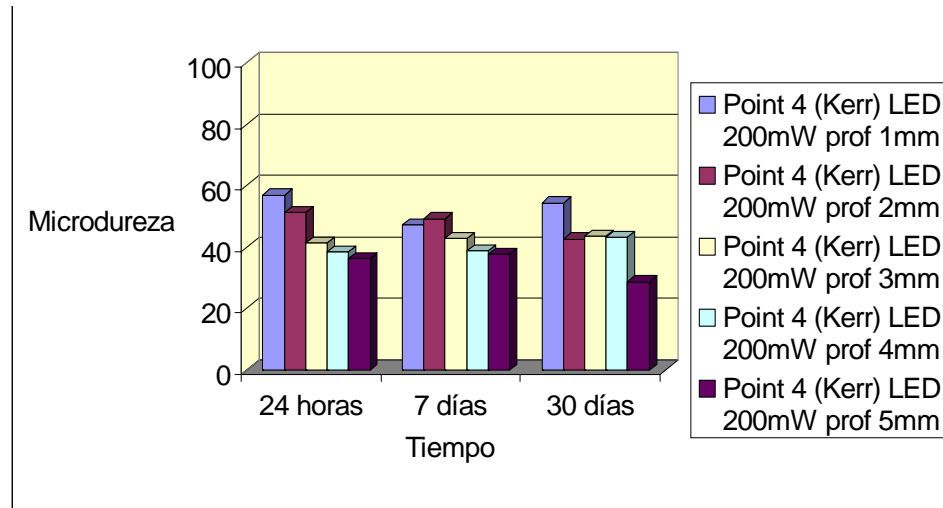


Figura 12. Grupo 1 composite Point 4 (Kerr) – Luz LED 200mW/cm².

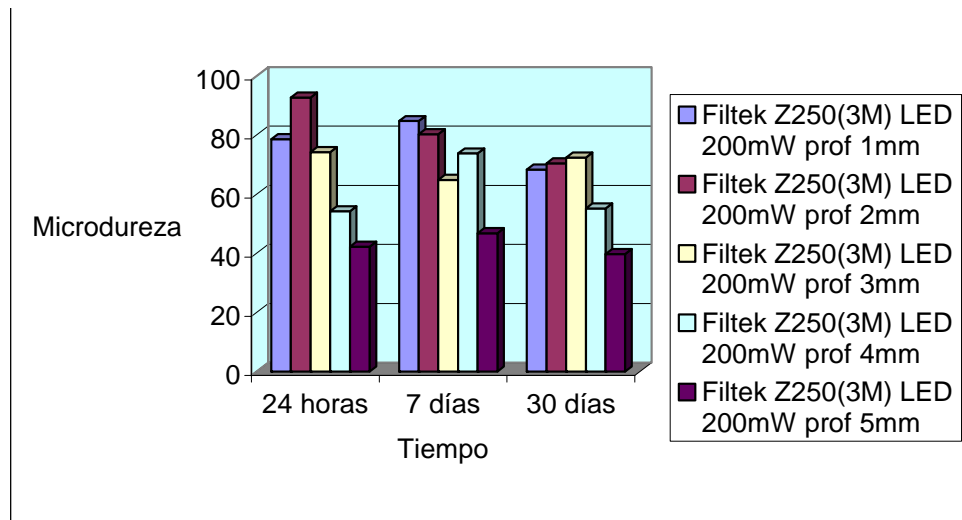


Figura 13. Grupo 2 composite Filtek Z 250(3M) – Luz LED 200mW/cm².

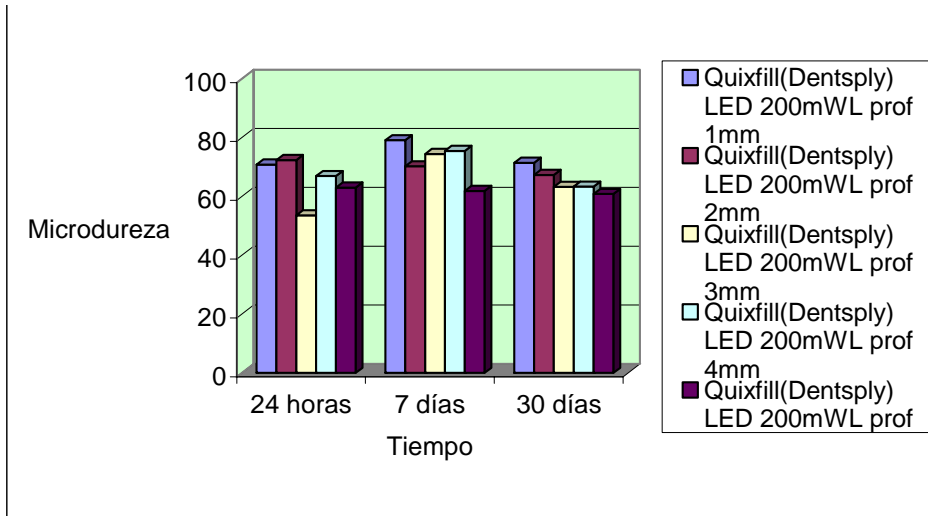


Figura 14. Grupo 3 composite Quixfil (Dentsply) – Luz LED 200mW/cm².

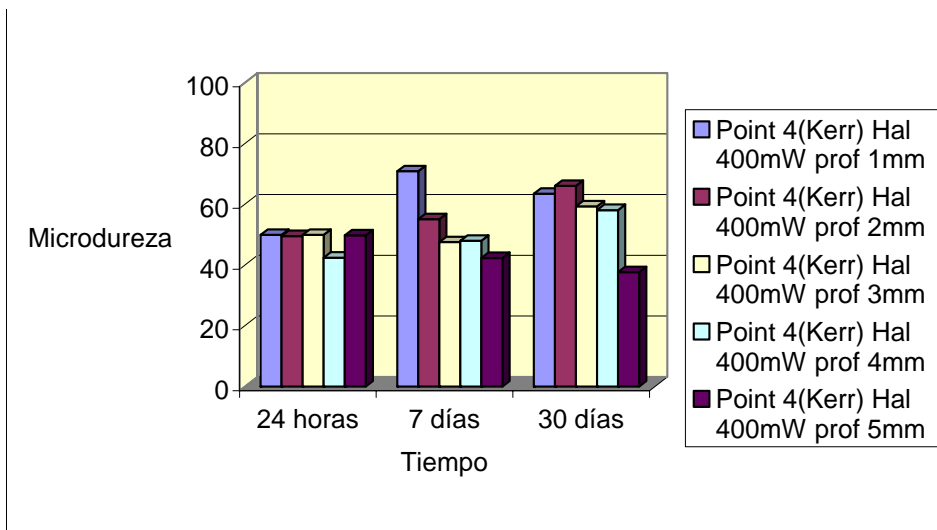


Figura 15. Grupo 4 composite Point 4 (Kerr) – Luz Halógena 400mW/cm².

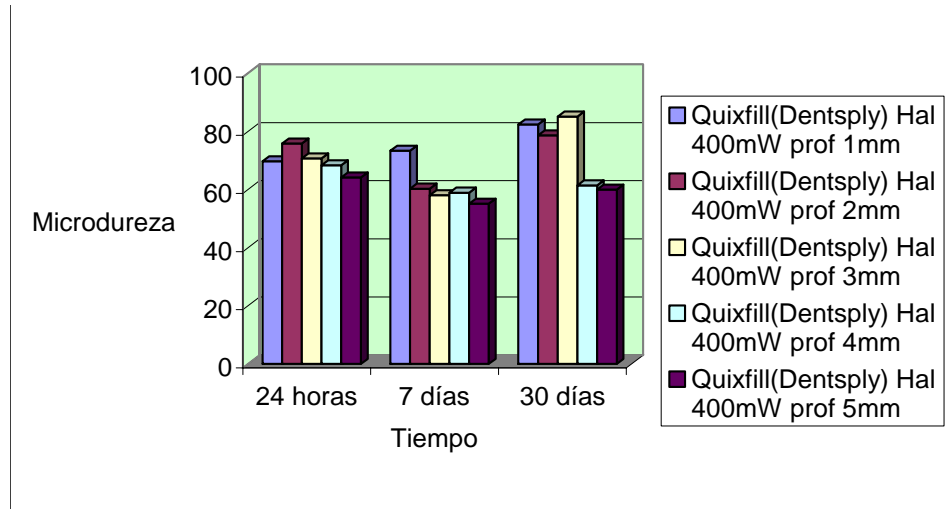


Figura 16. Grupo 5 composite Quixfil (Dentsply) – Luz Halógena 400mW/cm².

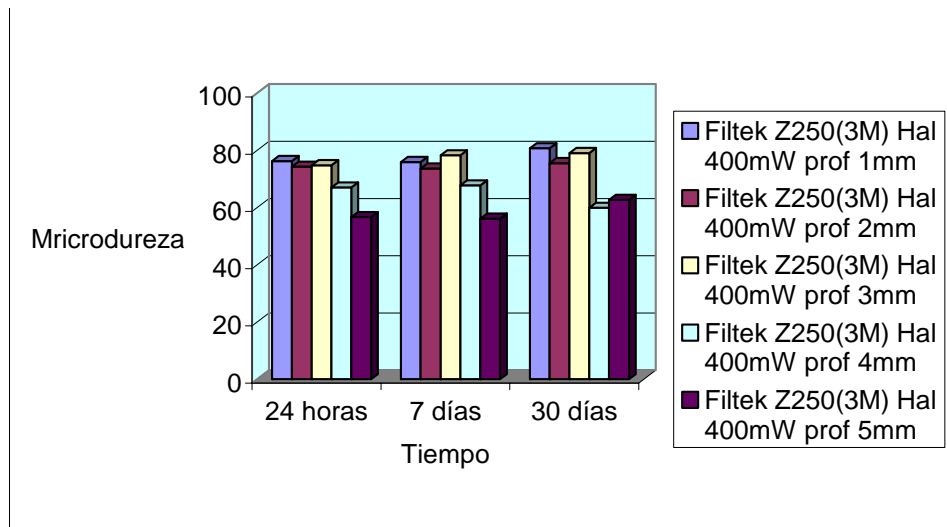


Figura 17. Grupo 6 composite Filtek Z250 (3M) – Luz Halógena 400mW/cm².

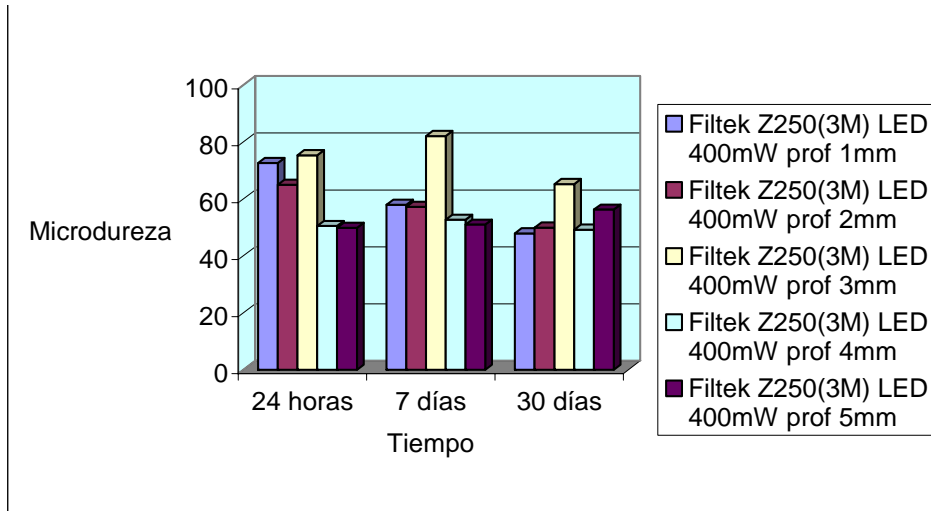


Figura 18. Grupo 7 composite Filtek Z250 (3M) – Luz LED 400mW/cm².

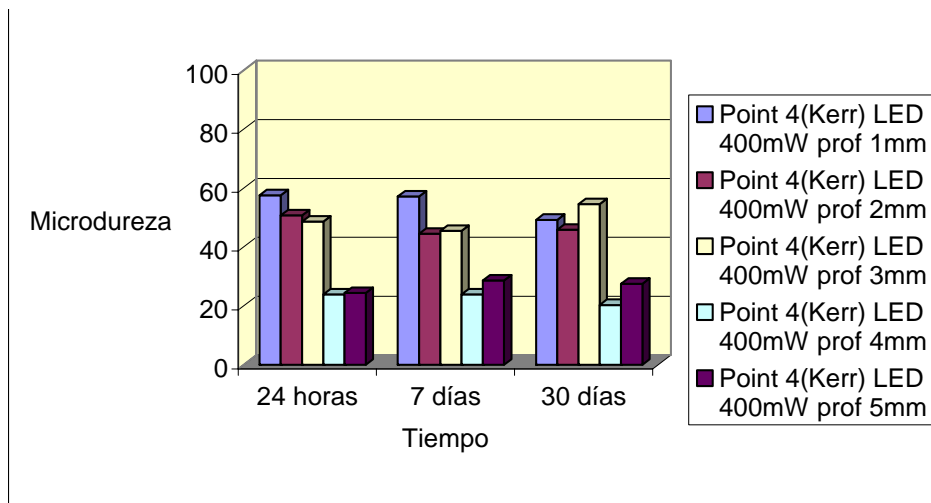


Figura 19. Grupo 8 composite Point 4 (Kerr) – Luz LED 400mW/cm².

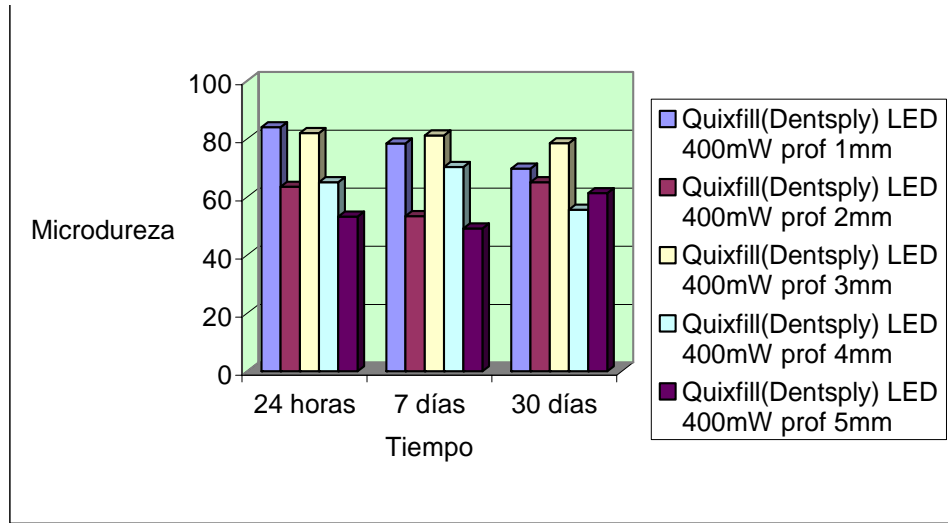


Figura 20. Grupo 9 composite Quixfil (Dentsply) – Luz LED 400mW/cm².

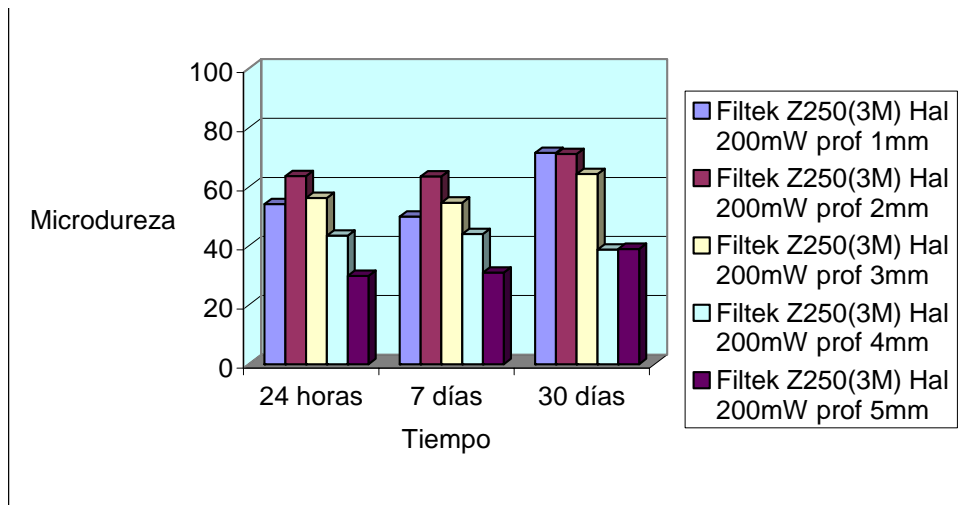


Figura 21. Grupo 10 composite Filtek Z250 (3M) – Halógena 200mW/cm².

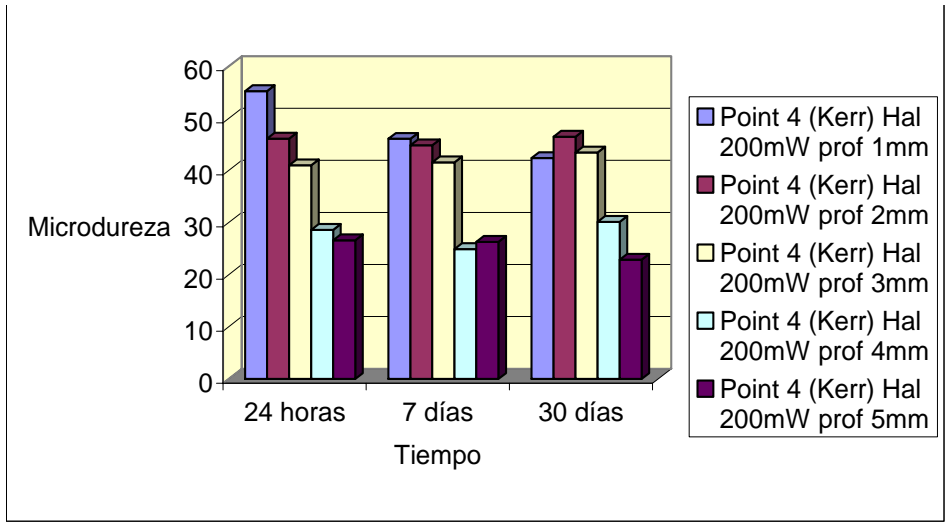


Figura 21. Grupo 11 composite Point 4 (Kerr) – Luz Halógena 200mW/cm².

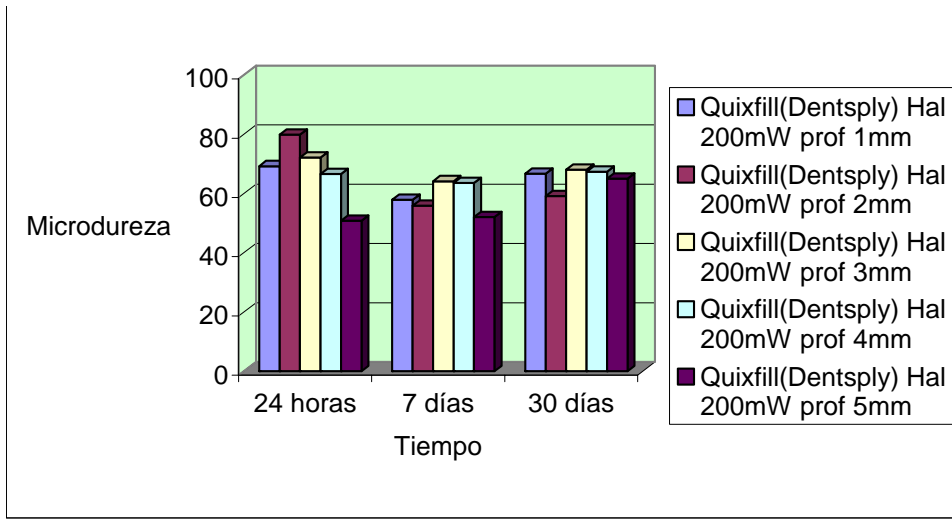


Figura 22. Grupo 12 composite Quixfil (Dentsply) – Luz Halógena 200mW/cm².

**ANEXOS 2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MEDICIÓN DE
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REGISTRADA POR
LA MÁQUINA ISTRON 4469.**

Tabla 2. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Point 4-Led 200mW	5	1092.1	218.42	4084.2942
FiltekZ250-Led 200m	5	1155.79	231.158	17130.4712
Quixfill-Led 200mW	5	1283.09	256.618	35546.0322
Quixfil-Hal 200mW	5	1728.56	345.712	21065.3766
Quixfill-Hal 400mW	5	1396.96	279.392	66099.6872
FiltekZ250-Hal400m	5	1581.98	316.396	43956.7929
FiltekZ250-Led 400m	5	1127.13	225.426	6678.54413
Point 4-Led 400mw	5	1269.3	253.86	33496.2825
Quixfill-Led 400mW	5	976.1	195.22	35994.0079
FiltekZ250-Hal 200m	5	1373.02	274.604	22623.8542
Point 4-Hal 200mW	5	717.55	143.51	1984.40665
Point 4 Hal 400mW	5	1115.26	223.052	38394.0406
1mm	12	6026.17	502.180833	24846.0624
2mm	12	2576.25	214.6875	4319.68138
3mm	12	2558.77	213.230833	5504.47023
4mm	12	2009.03	167.419167	3041.28204
5mm	12	1646.62	137.218333	2290.02992

*Las lecturas se interpretan en Megapascales

**Modelo lineal: Resistencia a la compresión
contra Material, Lámpara, Profundidad**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Material	Mezcla	3	FiltekZ250, Point4, Quixfill
Lámpara	Mezcla	4	Hal200mW, Hal400mW, Led200mW, Led400mW
Profundidad	Mezcla	5	1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm

Análisis de Varianza para la Resistencia a la compresión, utilizando el test Ajustado SS.

Fuente	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	
Material	2	31021	31021	15510	4.99	0.015	Significativo
Lámpara	3	9625	9625	3208	1.03	0.396	No significativo
Profundidad	4	184066	184066	46017	14.79	0.000	Altamente significativo
Material*Lámpara	6	73116	73116	12186	3.92	0.007	Altamente significativo
Material*Profundidad	8	19695	19695	2462	0.79	0.615	No significativo
Lámpara*Profundidad	12	23105	23105	1925	0.62	0.806	No significativo
Error	24	74670	74670	3111			
Total	59	415298					

S = 55.7786 R-Sq = 82.02% R-Sq (adj) = 55.80%

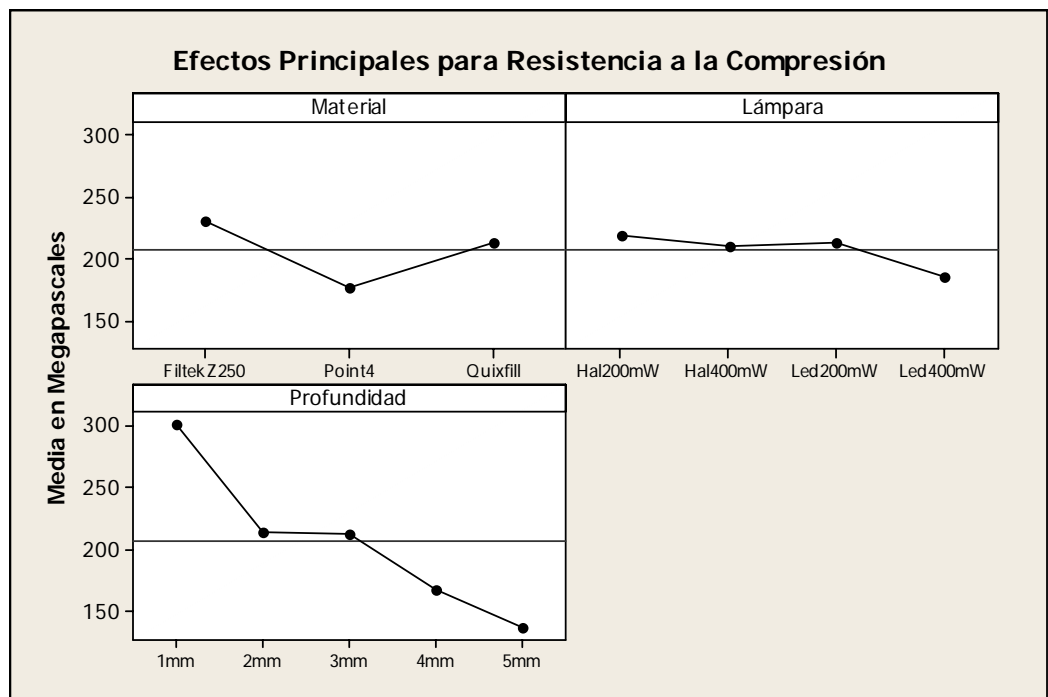


Figura 24. Gráficas de resultados de la resistencia a la compresión de acuerdo al material, lámpara y profundidad.

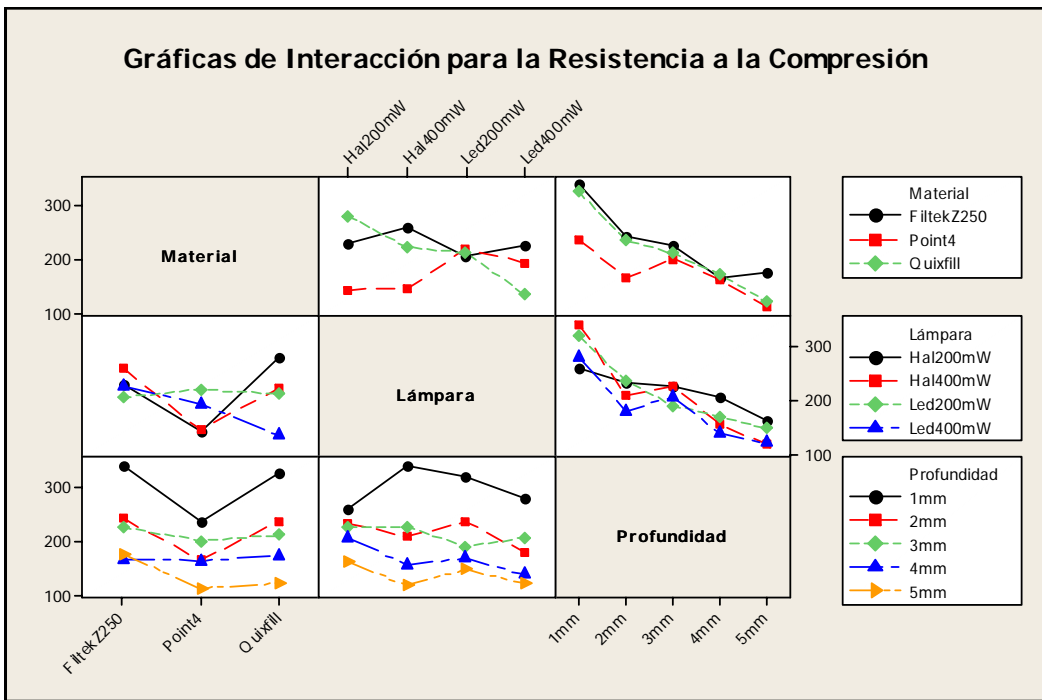


Figura 25. Interacción de las variables independientes sobre la resistencia a la compresión.

**ANEXOS 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL EQUIPO ANALIZADOR
TERMOGRAVIMÈTRICO
(DTA TGA C 2950 CONECTADO A UN ORDENADOR).**

Tabla 3. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo de los resultados de la termogravimetría.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Quixfill (Dentsply)	4	665.79	166.4475	1392.37109
Filtek Z250(3M)	4	672.42	168.105	865.3905
Point 4 (Kerr)	4	484.35	121.0875	294.358492
LED 200mW/cm2	3	333.75	111.25	201.9241
Halóg 200mw/cm2	3	493.36	164.453333	1476.42973
LED 400mW/cm2	3	512.12	170.706667	978.601633
Halóg 400mW/cm	3	483.33	161.11	645.7233

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor F
Filas	5694.56295	2	2847.28148	18.7569065	0.00262164	5.14325
Columnas	6745.56567	3	2248.52189	14.8124853	0.00351411	4.75705
Error	910.794583	6	151.799097			
Total	13350.9232	11				

**ANEXOS 4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL EQUIPO ANALIZADOR
TERMOMECÁNICO
(TMA 2940 CONECTADO A UN ORDENADOR).**

Tabla 4. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo de los resultados de la termomecánica.

Resumen	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Quixfill (Dentsply)	4	985.7	246.425	580.017367
Filtek Z250(3M)	4	1078.51	269.6275	120.848492
Point 4 (Kerr)	4	1011.07	252.7675	479.993892
LED 200mW/cm2	3	757.38	252.46	98.6076
Halóg 200mw/cm2	3	761.46	253.82	635.6851
LED 400mW/cm2	3	740.44	246.813333	1058.44083
Halóg 400mW/cm	3	816	272	17.7147

178

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor F
Filas	1150.45722	2	575.228608	1.39706801	0.31759541	5.14325
Columnas	1072.14	3	357.38	0.8679752	0.50753535	4.75705
Error	2470.43925	6	411.739875			
Total	4693.03647	11				

**ANEXOS 4. GRÁFICAS DEL ANÁLISIS REALIZADO A MUESTRAS DE
COMPOSITE PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA
MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO.**

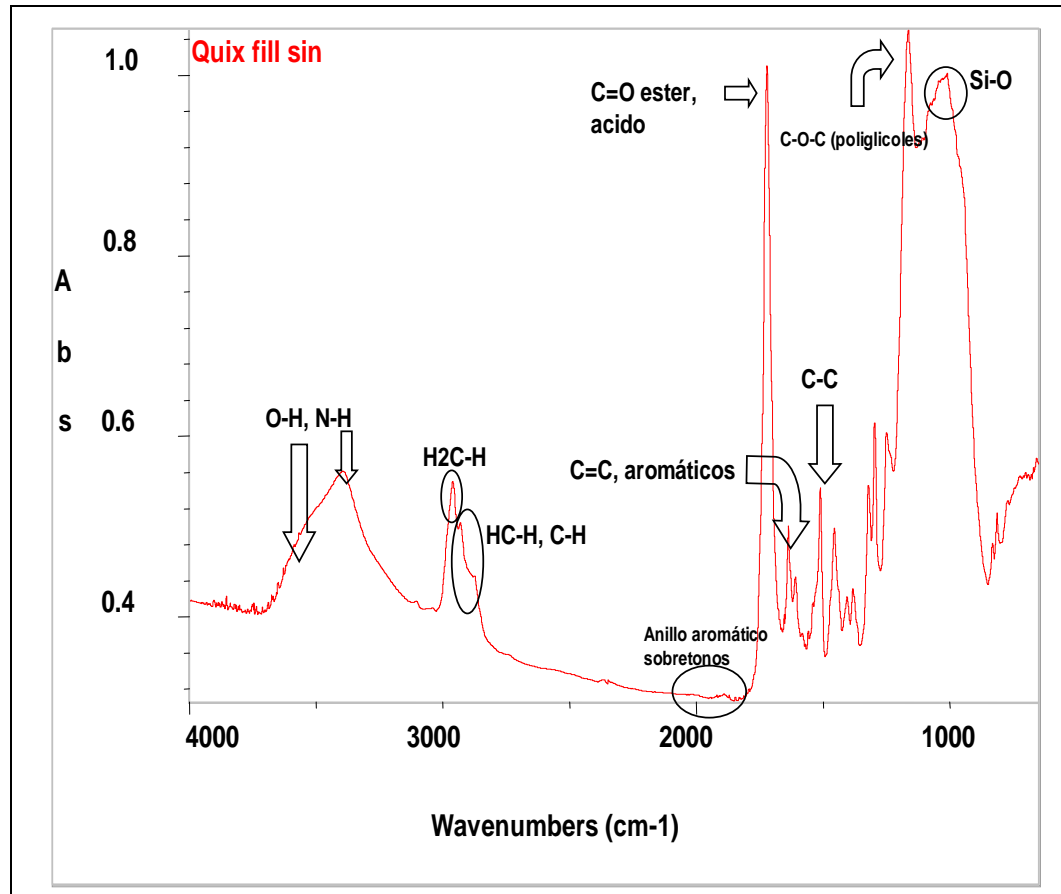


Figura 26. Se muestra el compuesto químico de la pasta de composite Quixfil sin polimerizar, de acuerdo al análisis del espectro infrarrojo, el cual determina los elementos químicos del material mediante lecturas del rango de ondas registradas.

Interrelación de resultados.

Esta investigación propone relacionar los valores obtenidos de los análisis de: microdureza, resistencia a la compresión, termogravimétricos y termomecánicos mediante una ecuación que representa la raíz cuadrada de la suma de los valores obtenidos por los análisis de resistencia a los composites, dividida entre el espesor del material, con la finalidad de obtener un índice de resistencia.

$$IR = \frac{\sqrt{HKNs + HKNp + MPa + T.w + T.d}}{\text{Espesor del composite}}$$

IR = Índice de resistencia.

HKNs = Microdureza en sitio superficial a 4 semanas (en unidades Knoop).

HKNp = Microdureza en sitio profundo a 4 semanas (en unidades Knoop).

MPa = Resistencia a la compresión (en Megapascales).

T.w = Temperatura de inicio de la pérdida de peso.

T.d = Temperatura de inicio de la distorsión.

Tabla 5. Muestra los resultados sumados y divididos entre el espesor del composite para determinar el índice o coeficiente de resistencia integral.

GPO	COMPOSITE-LUZ	ESPESOR	DUREZADUREZARESIST TEMP TEMP					
			HKNs	HKNp	MPa	T. w	T. d	I. R. I. R. x
1	POINT 4-LED 200	1mm	56.26	54.4	282.1	97.4	241	27.03
1	POINT 4-LED 200	2mm	54.5	42.66	191.9	97.4	241	12.52
1	POINT 4-LED 200	3mm	52.83	43.7	300.12	97.4	241	9.0311.90
1	POINT 4-LED 200	4mm	55.3	43.26	167.00	97.4	241	6.14
1	POINT 4-LED 200	5mm	48.1	28.7	160.38	97.4	241	4.79
2	FILTEK- LED 200	1mm	63.1	68.36	311.85125.46257.86	257.86	241	28.75
2	FILTEK- LED 200	2mm	64.16	70.46	280.37125.46257.86	257.86	241	14.12
2	FILTEK- LED 200	3mm	73.66	72.4	135.95125.46257.86	257.86	241	8.5912.58
2	FILTEK- LED 200	4mm	66.2	55.2	136.52125.46257.86	257.86	241	6.33
2	FILTEK- LED 200	5mm	66.8	39.76	163.29125.46257.86	257.86	241	5.11
3	QUIXFILL- LED 200	1mm	72.2	71.43	364.61111.25258.52	258.52	241	29.63
3	QUIXFILL- LED 200	2mm	66.66	67.3	236.12111.25258.52	258.52	241	13.60
3	QUIXFILL- LED 200	3mm	75.76	63.23	136.03111.25258.52	258.52	241	8.4612.68
3	QUIXFILL- LED 200	4mm	82.26	63.3	205.43111.25258.52	258.52	241	6.71
3	QUIXFILL- LED 200	5mm	76.1	60.83	122.41111.25258.52	258.52	241	5.01
4	POINT 4-HAL 400	1mm	63.6	63.46	259.87131.82265.81	265.81	241	28.00
4	POINT 4-HAL 400	2mm	68.33	66.03	361.71131.82265.81	265.81	241	14.94
4	POINT 4-HAL 400	3mm	64.5	59.26	326.89131.82265.81	265.81	241	9.7012.97
4	POINT 4-HAL 400	4mm	61.93	58.6	268.68131.82265.81	265.81	241	7.01
4	POINT 4-HAL 400	5mm	60.3	37.63	192.60131.82265.81	265.81	241	5.24

Tabla 5 (continuación). Muestra los resultados sumados y divididos entre el espesor del composite para determinar el índice o coeficiente de resistencia integral.

		DUREZADUREZARESIST TEMP TEMP				
GPO	COMPOSITE-LUZ	ESPEJOR	HKNs	HKNp	MPa	T. w T. d I. R. I. R. x
5	POINT 4-LED 200	1mm	87.03	82.4	446.35177.27274.43	32.67
5	POINT 4-LED 200	2mm	78.76	78.7	205.51177.27274.43	14.27
5	POINT 4-LED 200	3mm	74.66	85.16	221.00177.27274.43	9.6113.68
5	POINT 4-LED 200	4mm	66.23	61.46	121.29177.27274.43	6.61
5	POINT 4-LED 200	5mm	62.56	59.96	117.68177.27274.43	5.26
6	FILTEK- LED 200	1mm	93.5	80.76	389.81174.24267.14	31.70
6	FILTEK- LED 200	2mm	94	75.53	270.76174.24267.14	14.84
6	FILTEK- LED 200	3mm	91.83	79.03	333.38174.24267.14	10.2513.78
6	FILTEK- LED 200	4mm	61.56	59.9	172.64174.24267.14	6.77
6	FILTEK- LED 200	5mm	72.9	62.66	136.99174.24267.14	5.34
7	QUIXFILL- LED 200	1mm	64.6	47.93	388.99192.42284.38	31.27
7	QUIXFILL- LED 200	2mm	62.26	49.9	222.79192.42284.38	14.24
7	QUIXFILL- LED 200	3mm	78.8	65.2	247.14192.42284.38	9.8113.53
7	QUIXFILL- LED 200	4mm	84.8	49.16	111.45192.42284.38	6.71
7	QUIXFILL- LED 200	5mm	58.76	56.23	206.76192.42284.38	5.65
8	POINT 4-HAL 400	1mm	50.3	49.2	273.96134.85275.09	27.98
8	POINT 4-HAL 400	2mm	56.43	45.83	179.68134.85275.09	13.15
8	POINT 4-HAL 400	3mm	49.6	54.5	211.15134.85275.09	8.9712.30
8	POINT 4-HAL 400	4mm	44.63	20.3	205.85134.85275.09	6.52
8	POINT 4-HAL 400	5mm	58.56	27.5	100.9134.85275.09	4.88

Tabla 5 (continuación). Muestra los resultados sumados y divididos entre el espesor del composite para determinar el índice o coeficiente de resistencia integral.

		DUREZADUREZARESIST TEMP TEMP				
GPO	COMPOSITE-LUZ	ESPESOR	HKNs	HKNp	MPa	T. w T. d I. R. I. R x
9	POINT 4-LED 200	1mm	87.03	83.46	69.8232.32184.85292.33	29.37
9	POINT 4-LED 200	2mm	78.76	76.26	65.1137.27184.85292.33	13.74
9	POINT 4-LED 200	3mm	74.66	82	78.56162.87184.85292.33	9.43
9	POINT 4-LED 200	4mm	66.23	96.93	54.6 95.18184.85292.33	6.72
9	POINT 4-LED 200	5mm	62.56	87.76	61.36 54.33184.85292.33	5.21
10	FILTEK- LED 200	1mm	93.5	84	71.46317.46180.30269.13	30.37
10	FILTEK- LED 200	2mm	94	68.43	71.1201.17180.30269.13	14.05
10	FILTEK- LED 200	3mm	91.83	58.53	64.3190.36180.30269.13	9.20
10	FILTEK- LED 200	4mm	61.56	68.43	38.73242.05180.30269.13	7.06
10	FILTEK- LED 200	5mm	72.9	58.56	38.96198.18180.30269.13	5.45
11	QUIXFILL- LED 200	1mm	64.6	46.56	42.4207.17120.64267.61	25.34
11	QUIXFILL- LED 200	2mm	62.26	47.9	46.5139.51120.64267.61	12.47
11	QUIXFILL- LED 200	3mm	78.8	42.6	43.46164.97120.64267.61	8.42
11	QUIXFILL- LED 200	4mm	84.8	50.5	30.16110.64120.64267.61	6.01
11	QUIXFILL- LED 200	5mm	58.76	44.73	22.9 95.26120.64267.61	4.69
12	POINT 4-HAL 400	1mm	50.3	58.5	66.63185.85192.42265.81	27.73
12	POINT 4-HAL 400	2mm	56.43	51.3	59.06149.36192.42265.81	13.39
12	POINT 4-HAL 400	3mm	49.6	58.16	68.03128.91192.42265.81	8.90
12	POINT 4-HAL 400	4mm	44.63	77.4	67.33172.30192.42265.81	6.96
12	POINT 4-HAL 400	5mm	58.56	63.63	64.96 94.84192.42265.81	5.22

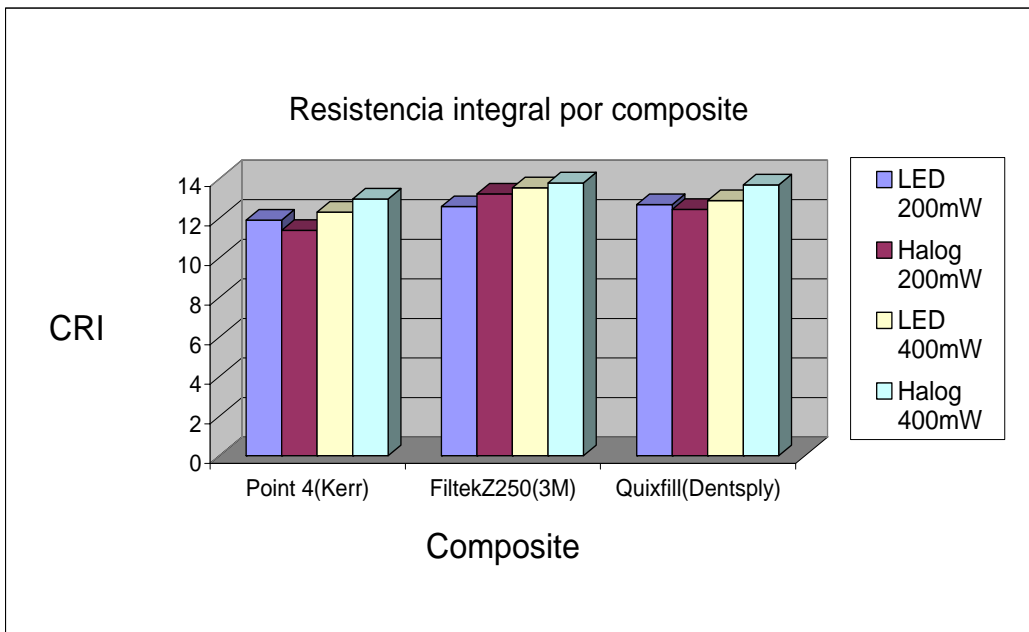


Figura 26. Índices de resistencia por composite – lámpara, donde se observan los rangos de índice de resistencia de acuerdo al composite. El promedio de IR menor lo manifiesta el composite Point 4 Kerr) foto polimerizada por luz Halógena de 200mW/cm² con un valor de 11.38 mientras que el IR mayor lo manifiesta el composite Filtek Z250 (3M) foto polimerizado por luz Halógena de 400mW/cm² con un valor de 13.78.