



FACULTAD DE POSGRADO

COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE CONVERSIÓN ENTRE LOS  
CEMENTOS DUAL Y DE FOTOACTIVACIÓN

Autor

Henry David Proaño Quiroz

Año  
2019



FACULTAD DE POSGRADO

COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE CONVERSIÓN ENTRE LOS  
CEMENTOS DUAL Y DE FOTOACTIVACIÓN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Especialista Médico en Rehabilitación  
Oral.

Profesor Guía

Dra. Virginia Vizcarra

Autor

Od. Henry Proaño

Año

2019

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

"Declaro haber dirigido el trabajo, comparación de los grados de conversión entre los cementos dual y de fotoactivación, a través de reuniones periódicas con el estudiante Henry David Proaño Quiroz, en el semestre 2019, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Dra. Virginia Magdalena Vizcarra Chiriboga  
Rehabilitadora Oral  
C.I.1710896034

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

Declaro haber revisado este trabajo, Comparación de los grados de conversión entre los cementos dual y de fotoactivación, del estudiante Henry David Proaño Quiroz, en el semestre 2019, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"

---

Dra. María Fernanda Larco Chacón.  
Odontología restauradora mención operatoria dental.  
C.I.1708675911

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes

---

Henry David Proaño Quiroz  
C.I.1804548400

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por ser mis guías y amigos durante toda mi vida. A mi amada esposa Karlita, por acompañarme en este camino y compartir conmigo, siendo mi apoyo incondicional durante esta etapa.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mi esposa, padres y hermanos, las personas más importantes en mi vida, quienes de con su confianza y amor han sido mi soporte para lograr mis objetivos.

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar el grado de conversión in vitro del cemento resinoso de activación dual y un cemento resinoso de fotoactivación. **Materiales y métodos:** Se investigaron 2 cementos resinosos y se formaron 2 grupos de 6 muestras de cada uno, estas muestras fueron procesadas en 3 momentos : previo a la fotoactivación, inmediatamente después de ser fotoactivado con luz directa y el último escaneo 24 horas después de su fotoactivación; en el segundo grupo de igual manera, teniendo como diferencia que esta vez las muestras fueron fotoactivadas a través de un disco cerámico de 1,5 mm de espesor, las muestras se analizaron por espectroscopía con transformada de Fourier con reflexión total atenuada. **Resultados:** Por medio del estudio estadístico realizado a través de una ANOVA de 1 factor, asumiendo varianzas iguales DMS y con significancia al 0,05, se obtuvieron las medias de los grados de conversión de los cementos estudiados, en oscura escaneo inmediato, activación directa, en la cual la fuente de luz fue colocada lo más próxima a la muestra obtuvimos Allcem Veneers: 44,9% Allcem Dual: 51,89% a las 24 horas Allcem Veneers: 61,47% Allcem Dual: 60,49%, en oscura escaneo inmediato, activación a través de disco cerámico, Allcem Veneers: 37,25% Allcem Dual: 29,29% a las 24 horas Allcem Veneers: 58,28% Allcem Dual: 60,97%. **Conclusiones:** El grado de conversión de ambos cementos presentó diferencias significativas inmediatamente después de la fotoactivación en dependencia de si la luz fue directa o a través de un disco cerámico, siendo superior el cemento dual cuando la luz fue directa con un 6,99% en relación al cemento de fotoactivación, cuando las muestras se irradiaron a través del disco cerámico el cemento de fotoactivación fue superó en 7,96% al cemento dual, mientras que a las 24 horas no se encontraron diferencias significativas del grado de conversión, en irradiación directa el grado de conversión del cemento de fotoactivación fue superior al cemento dual con un 0.98%, cuando se interpuso el disco cerámico, el grado de conversión del cemento dual fue mayor en un 2,69% con relación al cemento de fotoactivación. **Palabras clave:** grado de conversión, cementos resinosos, polimerización, cemento fotoactivado, cemento dual



## ABSTRACT

**Objective:** To determine the degree of in vitro conversion of dual activation resinous cement and a photoactivation resinous cement. **Materials and methods:** 2 resin cements were investigated and 2 groups of 6 samples of each were formed, these samples were processed in 3 moments: prior to photoactivation, immediately after being photoactivated with direct light and the last scan 24 hours after its photoactivation; in the second group in the same way, having the difference that this time the samples were photoactivated through a 1.5 mm thick ceramic disk, the samples were analyzed by Fourier transformation spectroscopy with attenuated total reflection. **Results:** By means of the statistical study carried out through a 1-factor ANOVA, assuming equal DMS variances and with a significance of 0.05, the means of the degrees of conversion of the cements studied were obtained, in the immediate scanning position, direct activation, in which the light source was placed closest to the sample we obtained Allcem Veneers: 44.9% Allcem Dual: 51.89% at 24 hours Allcem Veneers: 61.47% Allcem Dual: 60.49%, in poscura immediate scan, activation through ceramic disc, Allcem Veneers: 37.25% Allcem Dual: 29.29% at 24 hours Allcem Veneers: 58.28% Allcem Dual: 60.97%. **Conclusions:** The degree of conversion of both cements showed significant differences immediately after photoactivation depending on whether the light was direct or through a ceramic disk, the dual cement being superior when the light was direct with 6.99% in relation to photoactivation cement, when the samples were irradiated through the ceramic disk the photoactivation cement was 7.96% higher than the dual cement, while at 24 hours no significant differences were found in the degree of conversion, in direct irradiation the degree of conversion of the photoactivation cement was higher than the dual cement with 0.98%, when the ceramic disc was interposed, the degree of conversion of the dual cement was 2.69% higher than the photoactivation cement.

**Keywords:** degree of conversion, resinous cements, polymerization, photoactivated cement, dual cemen

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Justificación:.....	2
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Cementos resinosos .....	3
2.2. Composición básica de los cementos resinosos. ....	4
2.2.1. Matriz Orgánica .....	4
2.2.2. Matriz Inorgánica .....	5
2.2.3. Agente de unión.....	5
2.2.4. Iniciadores. ....	6
2.3. Tipos de cementos resinosos por su método de activación. .	6
2.3.1. Cementos resinosos de autocurado. ....	6
2.3.2. Cementos resinosos de fotocurado. ....	7
2.3.3. Cementos resinosos duales. ....	8
2.4. Cementos estudiados.....	8
2.4.1. Allcem Veneer. ....	8
2.4.2. Allcem Dual .....	9
2.5. Grado de conversión de las resinas. ....	10
2.6. Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR).....	11
2.7. Reflexión total atenuada .....	12
3. CAPÍTULO III. OBJETIVOS .....	12
3.1. Objetivo general.....	12
3.2. Objetivos específicos.....	12
4. Hipótesis .....	13
4.1. Hipótesis alternativa: .....	13
5. Materiales y métodos: .....	13

5.1. Tipo de estudio: .....	13
5.2. Universo de la muestra: .....	13
5.3. Muestra:.....	13
5.4. Criterios de inclusión y exclusión: .....	14
5.5. Descripción del método: .....	14
5.5.1. Dispositivo utilizado para la evaluación del grado de conversión. 14	
5.5.2. Medición previa y posteriormente a la fotoactivación. ....	16
5.5.3. Medición del grado de conversión 24 h de poscurado.....	18
5.5.4. Cálculo del grado de conversión.....	18
6. Resultados: .....	18
7. Discusión.....	27
8. CONCLUSIÓN.....	32
9. RECOMENDACIONES .....	33
REFERENCIAS .....	34

## 1. CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La utilización de cementos resinosos, como parte de protocolos restauradores, ha sido ampliamente aceptada y extendida en la práctica odontológica, debido a la adhesión química y estabilidad que esta ofrece. Estos cementos, en su composición cuentan con matrices de polímeros que exhiben monómeros bifuncionales (Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA) cuya reacción de polimerización genera polímeros vítreos con una matriz reticulada. Idealmente, los compuestos deben tener la mayor parte de sus monómeros convertidos en polímeros durante la polimerización, lo cual se reconoce como grado de conversión (Jack L. Ferracane, 1985).

La polimerización implica la reacción de radicales libres en el que el material se transforma de un estado viscoso, a un estado rígido. Durante este proceso, los enlaces alifáticos se rompen y se convierten en enlaces covalentes entre monómeros de metacrilato. Un grado de conversión deficiente, puede suponer la pérdida de retención y sellado de la restauración, causando una mayor probabilidad de fracaso en los tratamientos realizados (Alshali, Silikas, y Satterthwaite, 2013) .

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales fotopolimerizados están directamente influenciadas por el nivel de conversión alcanzado durante la polimerización, ya que, el grado de conversión se determina por la proporción de la concentración restante de los dobles enlaces alifáticos  $C = C$  en una muestra curada en relación con el número total de enlaces  $C = C$  en el material no curado. La conversión limitada encontrada en muchas redes poliméricas se debe a la movilidad restringida de los extremos de la cadena radical, el metacrilato colgante y el monómero expuesto a una alta densidad de reticulación. En general, los compuestos dentales fotoactivados alcanzan un grado de conversión que varía entre 43 y 75%, dependiendo básicamente de la composición del material compuesto, la intensidad de irradiación y el tiempo de exposición a la fuente de luz específica para este fin (L. G. P. Moraes et al., 2008).

Para llevar a cabo la cementación de restauraciones indirectas, han sido desarrollados cementos resinosos con diferentes mecanismos de activación, siendo común en la actualidad, mayormente la presencia de cementos de fotoactivación y cementos de activación dual, por lo que se presenta la duda de conocer cuál de estos puede alcanzar mayores grados de conversión y cuál es su comportamiento cuando son activados bajo las mismas circunstancias, a fin de compararlos y conseguir una guía que nos permita elegir entre ambos tipos de cementos al momento de aplicarlos en la clínica, ya que como se ha dicho previamente, un mayor grado de conversión influye directamente sobre las propiedades físicas y químicas de estos cementos, convirtiéndose este factor en un determinante directo del éxito o fracaso de las restauraciones cementadas con estos.

### **1.1. Justificación:**

Los polímeros de los cementos resinosos, posteriormente a haber sido activados exhiben una considerable insaturación residual en el producto final, con un grado de conversión que alcanza hasta el 75% en los mejores casos, siendo un mayor grado de conversión considerado óptimo. A pesar de que según estudios no se ha podido determinar un grado de conversión mínimo clínicamente aceptable (Vrochari, Eliades, Hellwig, & Wrbas, 2009), cuando una restauración es cementada con un cemento resinoso y este no llega a un grado de conversión óptimo, el cual otros autores consideran del 50% al 75% (Ruyter, 1982), se pueden presentar problemas de degradación del cemento desencadenando fallas adhesivas, filtración marginal y por consiguiente la pérdida de la restauración y formación de caries marginales, además se ha reportado que la presencia de monómeros libres sin activar, puede ocasionar daños a los tejidos blandos y en el caso de dientes vitales, éstos monómeros pueden irritar la pulpa a nivel celular, genético, proteínico y oxidativo, perjudicando al mecanismo del ciclo celular de las células pulpares, además la toxicidad química puede ser inducida por un desequilibrio de la homeostasis redox y se ha encontrado que las especies reactivas de oxígeno excesivas contribuyen a la toxicidad de TEGDMA, HEMA y BisGMA y se asocian con la desregulación del ciclo celular, la apoptosis y la necrosis tanto de las células

pulpaes, como de las células de los tejidos blandos circundantes (Chang et al., 2014) (Yang et al., 2017). Se puede suponer que el mecanismo de formación de radicales libres en el polímero obedece al sistema iniciador usado en los cementos resinosos, conocer la diferencia porcentual entre el grado de conversión entre un cemento de fotoactivación y otro de activación dual para poder compararlos, nos ayudaría a determinar las indicaciones para la utilización de cada uno de estos, en dependencia de la necesidad presentada, para así optimizar sus características y aprovechar sus propiedades en la práctica clínica.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Cementos resinosos**

El término cemento en el ámbito odontológico se refiere a materiales cuya principal función es unir o adherir dos superficies, es decir, la superficie del sustrato dental y la del material de la restauración indirecta, la interfaz presente entre estas dos superficies será ocupada por el cemento (Shillingburg, 2002), además de ocupar este espacio, los cementos resinosos, logran integrarse de manera estructural al sustrato dental confiriendo retención, sellado y refuerzo al mismo (Henostroza, 2010).

Los cementos resinosos, están constituidos por los mismos componentes de las resinas compuestas, es decir, cuentan con una matriz orgánica y una matriz inorgánica las cuales son integradas por el silano, siendo este su agente de unión. Su fase orgánica tiene como objetivo brindar características de tipo mecánico, como la rigidez y la resistencia a la flexión (J. L. Ferracane & Greener, 1986).

En el caso de los cementos, simplemente se modifica la proporción de estos componentes, a fin de facilitar su manejo y hacerlos más aptos para su uso en los procedimientos para los cuales están indicados, como por ejemplo, la disminución de su viscosidad, para lograr aumentar su fluidez y con esto la distribución de los radicales libres sobre el sustrato dental al que se adhieren

las restauraciones indirectas, para lograr mejores resultados al momento de polimerizarlos (Kumari, Poluri, Nagaraj, & Siddaraju, 2015).

Además existen compuestos iniciadores, los cuales determinan la reacción que permitirá la polimerización de los cementos y por tanto es posible clasificar a los cementos por su mecanismo de activación, esta clasificación será abordada mas adelante (R. Da Silva, Coutinho, Cardozo, Silva, & Zorzatto, 2011).

Estos cementos, son utilizados para la cementación de todo tipo de restauraciones indirectas, ya que brindan ventajas como baja solubilidad, alta fuerza de adhesión y excelentes características mecánicas, que refuerzan la restauración y hacen que los resultados sean muy predecibles (Lise, Perdigão, Van Ende, Zidan, & Lopes, 2015).

## **2.2. Composición básica de los cementos resinosos.**

### **2.2.1. Matriz Orgánica**

Los cementos resinosos presentan en su composición un sistema de monómeros, el cual está constituido por una mezcla de dimetacrilatos, este sistema debe cumplir varios aspectos de base para su utilización, como son, su capacidad de reacción, su estabilidad y se debe tomar en cuenta también el grado de toxicidad que podrían ocasionar estos monómeros (Yang et al., 2017). Este sistema monomérico puede ser de alta o baja masa molecular, siendo de alto peso el Bis-GMA (512 g/mol) o UDMA (480 g/mol) y de bajo peso TEGMA (286 g/mol), lo cual va a determinar las características de viscosidad y su facilidad de manejo, la adición compuestos de alto peso molecular ofrece un menor factor de contracción por polimerización, pero también puede representar una desventaja, ya que su alto peso no permite la inclusión de rellenos inorgánicos a su matriz, afectando así a las propiedades físicas del material, este sistema monomérico representa la parte activa del cemento resinoso, ya que va a determinar los enlaces al ser polimerizado (Baratieri, L. Monteiro, S. Speria, T., 2011), además de propiciar las propiedades deseables

como son la resistencia, estabilidad y dureza de las uniones en la red de polímeros. (R. Da Silva et al., 2011).

Estos componentes suelen ser combinados a fin de lograr un mayor grado de conversión, con un factor de contracción por polimerización menor (Sacaguchi & Powers, 2014).

### **2.2.2. Matriz Inorgánica**

La matriz inorgánica de los cementos está constituida por partículas de fluorosilicato, estroncio, bario, aluminio, cuarzo y sílice coloidal, la cantidad o la carga de estos elementos en su composición es determinante sobre características como son, la radiopacidad, propiedades mecánicas, como son la resistencia a la flexión, a la compresión, la dureza y su coeficiente de expansión térmica, esto es muy importante, debido a que los dimetacrilatos de la matriz polimérica por sí solos, tienen un coeficiente de expansión térmica bastante alto, pudiendo ser reducido por la carga de matriz inorgánica que se adicione, logrando idealmente coeficientes de expansión térmica similares al de el esmalte y la dentina (Jongsma y Kleverlaan, 2015).

A todo esto se suma la importancia que estos componentes tienen son las características ópticas que dan a los composites, teniendo influencia directa en el color, translucidez y fluorescencia (Sideridou & Vouvoudi, 2015).

### **2.2.3. Agente de unión**

Un componente imprescindible para el funcionamiento de los cementos resinosos es el silano, el cual ayuda a formar una fuerte unión entre las partículas de la matriz inorgánica y la matriz polimérica, ya que es una molécula bifuncional que tiene la capacidad de reaccionar por medio de los grupos alcoxilano con la matriz inorgánica y con la matriz polimérica a través de su grupo funcional metacrilato, logrando que la restauración, el cemento y el sustrato dental funcionen como una unidad, sin la presencia de este componente todo procedimiento de cementación y adhesión se vería comprometido (Pini et al., 2012).



#### **2.2.4. Iniciadores.**

En el caso de los cementos resinosos, el mecanismo iniciador va a otorgar características que van a determinar las indicaciones de los mismos, en esta investigación tenemos que los cementos, tanto de fotoactivación como el dual, tienen dentro de su composición la canforquinona, la cual se pueden definir como un elemento que está a la espera de ser activado para liberar energía, la cual será utilizada para llevar a cabo la polimerización (Rueggeberg, Giannini, Arrais, y Price, 2017).

Este componente es reactivo al presentarse la luz, con una radiación a partir de 450 nm, a través de los iniciadores comienzan una unión agresiva de los dobles enlaces de carbono para formar un material altamente denso, varios radicales logran unirse pero debido a varias circunstancias pueden quedar radicales libres, como ya se ha mencionado, una mayor cantidad de estos enlaces logrados permite un mejor desempeño del material (Rodriguez, Yaman, Dennison, & Garcia, 2017).

El cemento dual, tiene dentro de su pasta catalizadora monómeros metacrílicos, peróxido de dibenzoilo como iniciador químico, que va a actuar a la par de la canforquinona, lo cual va a permitir que la reacción continúe aún cuando la luz no alcance al material de manera eficiente (Hill & Lott, 2011).

### **2.3. Tipos de cementos resinosos por su método de activación.**

#### **2.3.1. Cementos resinosos de autocurado.**

Los cementos resinosos de activación química tienen como característica que pueden lograr grados de conversión aceptables, vienen en una presentación base-catalizador, las cuales al ser mezcladas inician una reacción peróxido-amina, lo cual empieza su endurecimiento (Kim et al., 2016)

Como desventaja se podría tener que este tipo de materiales es que no se logra obtener resultados altamente estéticos, ya que en su mayoría tienen una coloración blanca y muy opaca, además de tener una cantidad de colores insuficiente (Souza, Braga, Cesar, & Lopes, 2015).

Dentro a lo que respecta a este estudio, es decir, el grado de conversión, se tiene que varias investigaciones concuerdan en que este tipo de cementos logra grados de conversión menores a los cementos fotopolimerizables o de polimerización dual, encontrándose que al comparar los grados de conversión de cementos duales versus cementos de autocurado en distintos espesores a diferentes tiempos, generalmente los cementos de activación dual logran un mayor grado de conversión que los cementos de autocurado, independientemente del tiempo al que se realizan las mediciones (R. R. Moraes, Boscato, Jardim, & Schneider, 2011) al igual que cuando se comparan sus porcentajes de grados de conversión y estrés de contracción (Spinell, Schedle, & Watts, 2009).

### **2.3.2. Cementos resinosos de fotocurado.**

Este tipo de cementos, incluido el cemento estudiado en esta investigación, dentro de su composición presentan fotoiniciadores, específicamente en nuestro caso la canforquinona y coiniadores, mismos que en presencia de una luz con una longitud de onda de entre 400 y 500 nm y una intensidad mayor a 400 mW/cm<sup>2</sup>, se activan e inician la reacción química que los polimeriza (Souza et al., 2015).

Los cementos de fotoactivación fueron desarrollados específicamente para la cementación de carillas cerámicas, debido a que el espesor de este tipo de restauraciones permite el paso de la luz a través de éstas a fin de lograr una polimerización óptima,(Runnacles, Correr, Filho, Gonzaga, & Furuse, 2014).

Por lo que, si la polimerización no se llega a completar, existirían cantidades altamente proporcionales de monómeros libres, esto alteraría las propiedades del cemento a nivel físico, lo cual no es deseable al final de un protocolo de cementación (McLaren y Whiteman, 2010).

Por esta razón, no se recomienda usar estos cementos para cementar estructuras completas, como coronas, ya que un grosor mayor a 1,5 mm impide una correcta polimerización, creando una vulnerabilidad de la restauración debido a la posible inestabilidad tanto del cemento como de la capa híbrida (R. Da Silva et al., 2011).

### **2.3.3. Cementos resinosos duales.**

Estos cementos fueron desarrollados con la idea de combinar las ventajas de los cementos de autocurado y los cementos activados por luz, para así obtener mayores grados de conversión en sitios más profundos, en el que el uso de la luz sería ineficiente y para obtener tiempos de curado reducidos en zonas en las que la luz puede actuar (Hill & Lott, 2011).

A pesar de que este tipo de cementos pueden tener una reacción de polimerización incluso cuando la luz es mínima, se ha determinado que la densidad de energía de la luz puede influir en el grado de conversión de estos materiales (Komori et al., 2010).

Con base en lo anteriormente expuesto, tenemos que saber que el grosor de las restauraciones cerámicas tiene un efecto más importante sobre la polimerización de estos cementos que el tono de cerámica elegido para realizarla. Se descubrió que un espesor cerámico de 2 mm comienza a verse afectado el grado de conversión de este tipo de cementos (Noronha Filho, Brandão, Poskus, Guimarães, & Silva, 2010), mientras que si el espesor es de 3 mm o superior afecta considerablemente su polimerización, por lo tanto, un espesor de 3 mm se considera el umbral crítico para los protocolos de cementación con este tipo de cementos (Kilinc, Antonson, Hardigan, & Kesercioglu, 2011).

Otro factor que podemos resaltar dentro de este grupo de cementos, es que se ha encontrado que existe una relación inversa entre su viscosidad y el grado de conversión, a menor viscosidad, mayor grado de conversión (Di Francescantonio et al., 2013).

## **2.4. Cementos estudiados.**

Se presenta la información de los materiales objeto del estudio, brindada por su casa comercial FGM Productos Odontológicos (Joinville, SC, Brasil).

### **2.4.1. Allcem Veneer.**

Es un cemento resinoso de fotoactivación, el cual está indicado específicamente para la cementación de carillas, siempre y cuando no

sobrepasen los 1.5 mm de espesor, a fin de garantizar el paso de luz necesario y con esto su conversión, según su fabricante, su estabilidad cromática es muy alta, además de mantener sus propiedades mecánicas y químicas a lo largo del tiempo.

En su composición básica cuenta con monómeros metacrílicos, canforquinona, co iniciadores, estabilizantes, pigmentos, partículas de vidrio de Bario-Aluminio-Silicato silanizados y dióxido de silicio.

#### 2.4.1.1. Características.

- Al ser un cemento fotoactivado, el tiempo de trabajo puede ser controlado.
- Presenta un 63% de carga inorgánica en peso.
- Su tixotropía, permite el flujo del material el momento de la cementación y permite mantener la restauración a ser cementada en su posición determinada.
- La viscosidad y el grosor de la película son indicativos de la fluidez del material. Por lo tanto, se espera que cuanto más fluido, más pequeño sea el grosor de la película formada y con esto se logre una mejor adaptación a la preparación sobre la cual se utilizará el cemento (Tabla 1).

**Tabla 1.** Espesor de película de cementos resinosos Veneer.

<b>Materiales</b>	<b>Allcem Veneer FGM</b>	<b>Relyx Veneer 3M</b>	<b>Variolink Veneer Ivoclar</b>
<b>Medida (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	33 $\mu\text{m}$	32 $\mu\text{m}$	26 $\mu\text{m}$

**Tomado de:** Luque-Martinez I, Muñoz M, Reis A, Loguercio A. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), 2013.

#### 2.4.2. Allcem Dual

Es un cemento resinoso de activación dual, el cual consta de dos pastas, una base y una catalizadora distribuidas en una doble jeringa, en su base presenta Monómeros metacrílicos ( TEGDMA, BisEMA y BisGMA), canforquinona,

coinciadores, micropartículas de vidrio de bario-aluminio-silicatos, nanopartículas de dióxido de silicio, pigmentos inorgánicos y conservantes, mientras que en el catalizador se encuentran monómeros metacrílicos, peróxido de dibenzoilo y estabilizantes, micropartículas de vidrio de bario-aluminio-silicatos. La mezcla de la pasta base y catalizadora en una proporción 1:1 y presenta aproximadamente 66 - 67% de carga. La jeringa cuenta con puntas donde tiene lugar la mezcla de ambas para así dar inicio a la activación química de la reacción de curado.

Al ser un cemento dual, puede ser fotoactivado para apresurar el proceso de curado, a fin de lograr un grado de conversión elevado en sus dos modalidades de curado.

#### **2.4.2.1. Características.**

- Conversión garantizada en ausencia de luz, debido a su activación química.
- Manipulación facilitada debido a su viscosidad, al poder dispensarse con puntas de automezcla se garantiza la mezcla en proporciones correctas.

#### **2.4.2.2. Indicaciones de uso**

El propósito de este cemento es la adhesión a los materiales de restauraciones indirectas, por lo cual se emplea para cementar:

- Puentes y coronas
- Incrustaciones y carillas
- Postes intrarradiculares.

#### **2.5. Grado de conversión de las resinas.**

El éxito de las restauraciones, sean estas directas o indirectas, se ve altamente influenciado por el vínculo o la unión confiable entre los sistemas de cementación adhesiva y los tejidos dentales mineralizados, para lo cual es necesario que todos los materiales utilizados para este propósito, se logren estados óptimos para garantizarlo (Sjögren, Molin, van Dijken, & Bergman, 1995) (Inokoshi et al., 1993)

Se denomina grado de conversión a la cantidad de enlaces alifáticos se rompen y se convierten en enlaces covalentes entre monómeros de metacrilato, formando un polímero, en algunas situaciones clínicas el grado de conversión de los cementos puede ser influido por varios factores, como por ejemplo, durante la cementación de restauraciones indirectas, el paso de la luz de activación puede verse atenuada, lo cual puede resultar en un grado de conversión deficiente (Arrais, Giannini, & Rueggeberg, 2009), esta situación puede suponer la pérdida de retención y sellado de la restauración, ocasionando que sea mucho más probable el fracaso en los tratamientos realizados (BinMahfooz, Qutub, Marghalani, Ayad, & Maghrabi, 2017), mientras que también se ha podido observar que este grado puede verse incrementado cuando los cementos son expuestos a temperaturas elevadas durante su manipulación, lo que por otro lado representaría un tiempo de trabajo más reducido, haciendo que su aplicación clínica no sea cómoda para el operador (Oliveira et al., 2012), por este motivo es necesario lograr un equilibrio que permita obtener los resultados deseados sin sacrificar la facilidad de manejo de los materiales.

Debido a que el grado de conversión está directamente relacionado al módulo de elasticidad, la solubilidad, características físicas, afecta a las propiedades mecánicas, su alto o bajo grado dicta el desempeño de los cementos, siendo siempre considerado óptimo un mayor grado de conversión (Novais et al., 2017).

## **2.6. Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR).**

Supone el método de uso más extendido de espectroscopía infrarroja, este funciona cuando la radiación infrarroja emitida por el equipo pasa a través de una muestra, parte de esta radiación es absorbida mientras que otra parte de la radiación se transmite. La señal resultante en el detector es un espectro que representa una "huella dactilar" molecular de la muestra. La utilidad de la espectroscopía infrarroja surge porque diferentes estructuras químicas (moléculas) producen diferentes huellas dactilares espectrales, de esta manera se puede determinar en porcentajes cual es el grado de conversión alcanzado

por los cementos sometidos a este estudio (Imazato, McCabe, Tarumi, Ehara, & Ebisu, 2001).

Según estudios previos, para la investigación de estos materiales, se debe utilizar un estándar en el rango de los  $1600\text{ cm}^{-1}$ , en este caso será utilizado un estándar de  $1638\text{ cm}^{-1}$  (Mezzomo, Freitas, Branco, & Werner, 2014).

## **2.7. Reflexión total atenuada**

ATR, por sus siglas en inglés (Attenuated Total Reflectance) es una de las técnicas de muestreo más utilizadas. Cuando un haz infrarrojo viaja desde un medio con un alto índice de refracción en este caso un cristal de diamante, a un medio de bajo índice de refracción, como es la muestra, cierta cantidad de luz es reflejada nuevamente al medio de bajo índice de refracción, casi todas las ondas de luz son reflejadas de vuelta, este fenómeno es conocido como reflexión interna total, en esta condición cierta cantidad de energía luminosa se escapa del cristal y se extiende por una muy corta distancia mas allá de las superficie en forma de ondas, es cuando la intensidad de la luz reflejada se reduce, este fenómeno es llamado reflectancia total atenuada, cuando la muestra es aplicada sobre el cristal, cierta cantidad de radiación infrarroja que penetra mas allá del cristal es absorbida por la misma, esta absorbancia se traduce en el espectro IR de la muestra (Subramanian & Rodriguez-Saona, 2009).

## **3. CAPÍTULO III. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo general**

- Determinar el grado de conversión in vitro del cemento resinoso de activación dual y el cemento resinoso de fotoactivación.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Comparar el grado de conversión de los cementos evaluados inmediatamente y después de 24 horas de su polimerización.

#### **4. Hipótesis**

El cemento de activación dual logra un mayor grado de conversión que el cemento resinoso fotoactivado.

##### **4.1. Hipótesis alternativa:**

El cemento de activación dual logra un grado de conversión similar que el cemento resinoso fotoactivado.

#### **5. Materiales y métodos:**

##### **5.1. Tipo de estudio:**

Estudio comparativo transversal.

##### **5.2. Universo de la muestra:**

Se comparó el grado de conversión de 2 cementos resinosos, uno fotopolimerizable y otro de curado dual, específicamente Allcem Veneer y Allcem Dual, ambos de la marca FGM (Joinville - SC – Brasil), para lo cual se escanearon 9 muestras de cada uno, teniendo un total de 18 muestras estudiadas y 36 escaneos.

##### **5.3. Muestra:**

Se investigaron dos tipos de cementos resinosos, uno de fotoactivación y otro de activación dual, cada uno fue estudiado en dos modalidades, la primera, fotoactivando directamente las muestras y la segunda, realizando la fotoactivación a través de un disco cerámico con un espesor de 1,5mm (Figura 1), para esto, se realizaron 18 muestras, 9 de cada cemento a fin de investigar los grados de conversión de cada una en 36 lecturas.





*Figura 1.* Disco cerámico 1,5mm de espesor.

#### **5.4. Criterios de inclusión y exclusión:**

Se excluyeron las muestras que después de ser escaneadas, presenten un espectro con demasiado ruido o muy poco definido, lo cual es necesario para que el estudio arroje resultados precisos y comparables entre sí.

#### **5.5. Descripción del método:**

##### **5.5.1. Dispositivo utilizado para la evaluación del grado de conversión.**

Se investigaron 2 cementos resinosos, Allcem Dual y Allcem Veneers (FGM, Joinville - SC – Brasil), se formaron 2 grupos de 9 muestras de cada uno, las muestras fueron escaneadas, en el primer grupo, estos momentos fueron: escaneo del cemento resinoso previo a la fotoactivación, escaneo inmediatamente después de ser fotoactivado con luz directa y el último escaneo, 24 horas después de su fotoactivación, en el segundo grupo, las muestras fueron escaneadas de igual manera sin ser activadas, inmediatamente después de ser fotoactivadas a través de un disco cerámico de 1,5 milímetros de espesor y finalmente a 24 horas de su fotoactivación (Tabla 1). Para esta medición se utilizó un espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier, equipado con un dispositivo de ATR (Jasco FT/IR-6800 FT-IR Spectrometer) operado bajo las siguientes condiciones:  $4000-500\text{ cm}^{-1}$  longitud de onda,  $6\text{ cm}^{-1}$  resolución y 16 escaneos por muestra, para su lectura, los espectros infrarrojos se interpretaban en el software PerkinElmer Spectrum™ 10 (Figuras 2 y 3).

Tabla 2. Número de muestras realizadas para su escaneo

	Sin polimerizar	Polimerizada inmediata	24 horas polimerizada
Allcem Veneer activación directa	3	3	3
Allcem Dual activación directa	3	3	3
Allcem Veneer activación a través de disco cerámico	3	3	3
Allcem Dual activación a través de disco cerámico	3	3	3
		<b>36</b>	



Figura 2. Espectrómetro Jasco FT/IR-6800 FT-IR Spectrometer



*Figura 3.* Área de espectrometría del CIAP de la Escuela Politécnica Nacional.

---

### **5.5.2. Medición previa y posteriormente a la fotoactivación.**

Se colocaron los materiales sin activar, sobre el cristal de ATR (Figura 4), asegurándonos de que el cristal contacte completamente el material, después se recogieron los espectros FTIR de las muestras, inmediatamente seguido al escaneo y obtención del espectro correspondiente, cada muestra de material fue fotoactivada bajo los siguientes parámetros: a temperatura ambiente durante 20 segundos, utilizando una lámpara de polimerización led Orthometric de alta potencia (LEDX-T 2400) (Figura 5). Con una irradiancia de salida de  $960 \text{ mW/cm}^2$  y modo de curado estándar, calibrada antes de cada activación en el radiómetro ubicado en su base de carga (Figura 6). La punta de la luz se colocó lo más cerca posible de la muestra y los espectros FTIR de estas muestras se recogieron inmediatamente.



Figura 4. Cristal de ATR sobre el cual se colocan las muestras.



Figura 5. Lámpara de fotoactivación LEDX-T 2400.



Figura 6. Calibración de salida con radiómetro

### 5.5.3. Medición del grado de conversión 24 h de poscurado.

Para evaluar el grado de conversión de los materiales después de 24 horas de almacenamiento, se prepararon las muestras aplicando una pequeña cantidad de cada material sobre el cristal de ATR. Las muestras se fotoactivaron y se almacenaron durante 24 horas en un contenedor a prueba de luz dentro de un recipiente de vidrio sellado con gel de sílica (para evitar la absorción de agua sobre la superficie de las muestras y evitar la posible fuente de ruido en el estudio FTIR) (Alshali et al., 2013). Después de 24 h, cada muestra fue pulverizada con la ayuda de un mortero y un pistilo y colocada cuidadosamente sobre el cristal de ATR, siempre asegurándonos de que el material se mantenga en contacto íntimo con el cristal. Posteriormente se recolectó la información del espectro FTIR de la muestra.

### 5.5.4. Cálculo del grado de conversión.

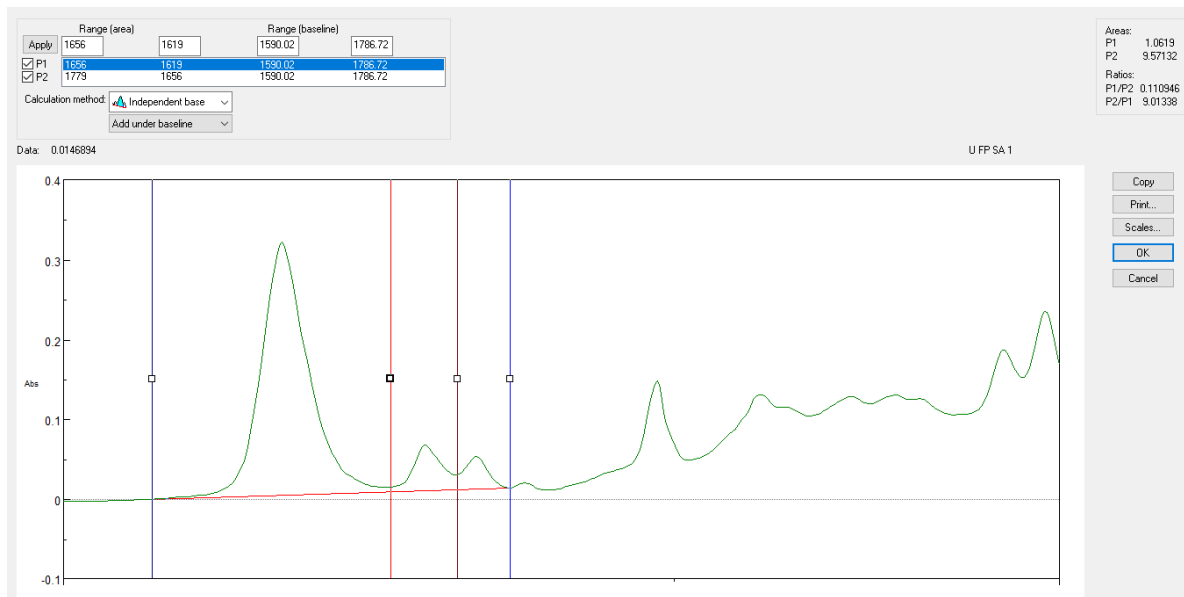
Para todas las muestras, se midió el grado de conversión evaluando la variación en la relación de las intensidades de absorbancia del pico de componente alifático a  $1638\text{ cm}^{-1}$  y la de un pico interno estándar de C aromático a  $1638\text{ cm}^{-1}$  de las muestras no curadas y curadas por medio de la siguiente ecuación (Imazato et al., 2001).

$$\%GC = \frac{1 - (1638\text{ cm}^{-1} / \text{standard}) \text{ pico poscurado}}{(1638\text{ cm}^{-1} / \text{standard}) \text{ pico precurado}}$$

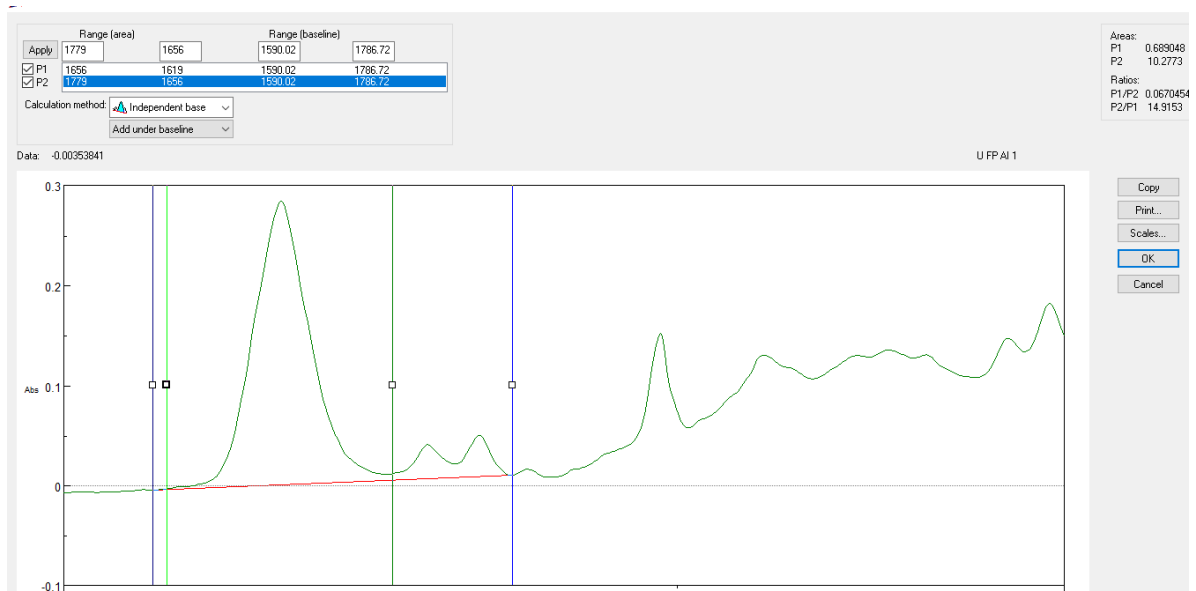
## 6. Resultados:

Los resultados se basan en las frecuencias de los espectros obtenidos al escanear las muestras por medio de la espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier, se realizó el escaneo de la muestra sin ser irradiada, posteriormente, fue escaneada inmediatamente después de su activación y por último 24 horas después de la activación, a continuación, se muestran los espectros de una muestra. (Figs. 7, 8 y 9), estos resultados fueron ingresados al programa IBM SPSS Statistics 24 para su estudio

estadístico, por medio de ANOVA de 1 factor asumiendo varianzas iguales DMS y con significancia al 0,05.



**Figura 7.** Espectro de muestra sin activar.



**Figura 8.** Espectro de muestra inmediatamente después de la activación.

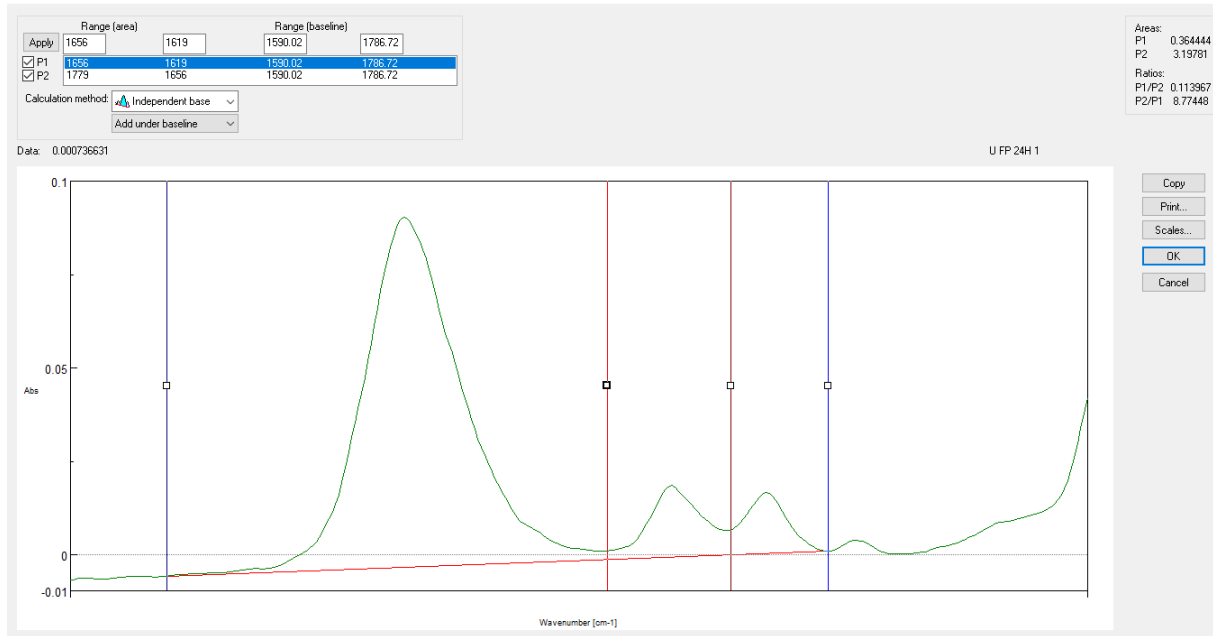


Figura 9. Espectro de muestra 24 horas después de su activación.

A continuación, se presenta las tablas resumiendo los resultados obtenidos de los espectros del estudio FTIR, en la cual se muestran todos los valores obtenidos en cada muestra de ambos materiales en las condiciones dispuestas para el estudio, dispuestos en 8 grupos (Tablas 3-10).

Tabla 3. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento de fotoactivación, inmediatamente de haber sido activado de manera directa.

Grupo	Muestra	Activado	Sin Activar	% Grado de Conversión
<b>Allcem Veneer Fotoactivación directa inmediata</b>	1	0,059	0,107	44,86%
	2	0,059	0,1069	44,81%
	3	0,0588	0,1073	45,20%

Tabla 4. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento de fotoactivación, 24 horas después de haber sido activado de manera directa.

Grupo	Muestra	Activado	Sin Activar	% Grado de Conversión
<b>Allcem Veneer Fotoactivación directa 24 horas</b>	1	0,0454	0,1109	59,06%
	2	0,0395	0,1088	63,69%
	3	0,0419	0,1093	61,67%

Tabla 5. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento de fotoactivación, inmediatamente de haber sido activado a través del disco cerámico.

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Veneer Fotoactivación a través de disco inmediata</b>	1	0,067	0,1109	39,59%
	2	0,0699	0,1088	35,75%
	3	0,0695	0,1093	36,41%

Tabla 6. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento de fotoactivación, 24 horas después de haber sido activado a través del disco cerámico.

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Veneer Fotoactivación a través de disco 24 horas</b>	1	0,0466	0,107	56,45%
	2	0,0437	0,1069	59,12%
	3	0,0437	0,1073	59,27%

Tabla 7. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento dual, inmediatamente de haber sido activado de manera directa.

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Dual Fotoactivación directa inmediata</b>	1	0,0588	0,1232	52,27%
	2	0,0571	0,12	52,42%
	3	0,0617	0,1259	50,99%

Tabla 8. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento dual, 24 horas después de haber sido activado de manera directa.

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Dual Fotoactivación directa 24 horas</b>	1	0,0487	0,1232	60,47%
	2	0,0436	0,12	63,67%
	3	0,0537	0,1259	57,35%



Tabla 9. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento dual, inmediatamente de haber sido activado a través del disco cerámico.

<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Dual Fotoactivación a través de disco inmediata</b>	1	0,0856	0,1118	23,43%
	2	0,092	0,112	17,86%
	3	0,064	0,1198	46,58%

Tabla 10. Grados de conversión obtenidos después del escaneo del cemento dual, 24 horas después de haber sido activado a través del disco cerámico.

<b>Grupos</b>	<b>Muestra</b>	<b>Activado</b>	<b>Sin Activar</b>	<b>% Grado de Conversión</b>
<b>Allcem Dual Fotoactivación a través de disco 24 horas</b>	1	0,0464	0,1118	58,50%
	2	0,0436	0,112	61,07%
	3	0,0439	0,1198	63,36%

Gracias al estudio estadístico se obtuvieron las medias de los grados de conversión de las muestras, resumiendo los datos, los presentamos en la siguiente tabla (Tabla 11).

Tabla 11. Medias de los grados de conversión obtenidos del estudio estadístico

		<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
Grado de conversión inmediato	<b>AllCem Veneers</b>	44,9567	0,21221
	<b>AllCem Dual</b>	51,8933	0,78590
Grado de conversión 24 horas	<b>AllCem Veneers</b>	61,4733	2,32126
	<b>AllCem Dual</b>	60,4967	3,16008

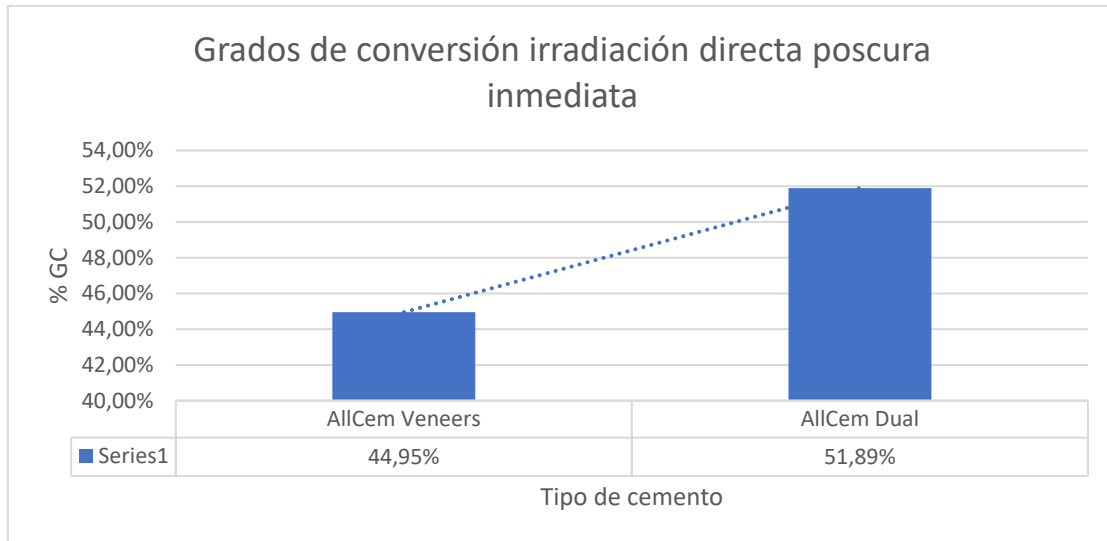
Grado de conversión a través de cuerpo cerámico inmediato	<b>AllCem Veneers</b>	37,2500	2,05319
	<b>AllCem Dual</b>	29,2900	15,23037
Grado de conversión a través de cuerpo cerámico 24 horas	<b>AllCem Veneers</b>	58,2800	1,58660
	<b>AllCem Dual</b>	60,9767	2,43134

Las muestras de ambos cementos, irradiadas directamente y escaneadas inmediatamente después de su activación muestra diferencias notorias en su grado de conversión, logrando Allcem Dual grados de conversión mayores que Allcem Veneers (Tabla 12).

Tabla 12. Grados de conversión irradiación directa y poscura inmediata

	AllCem Veneers	AllCem Dual
% de GC	44,86	52,27
	44,81	52,42
	45,2	50,99

Al realizar el estudio estadístico podemos expresar el resultado representando las medias de los grados de conversión de ambos materiales, lo cual nos puede dar una mejor idea de la diferencia de 6,94% que existe entre ambos materiales (Fig. 10).



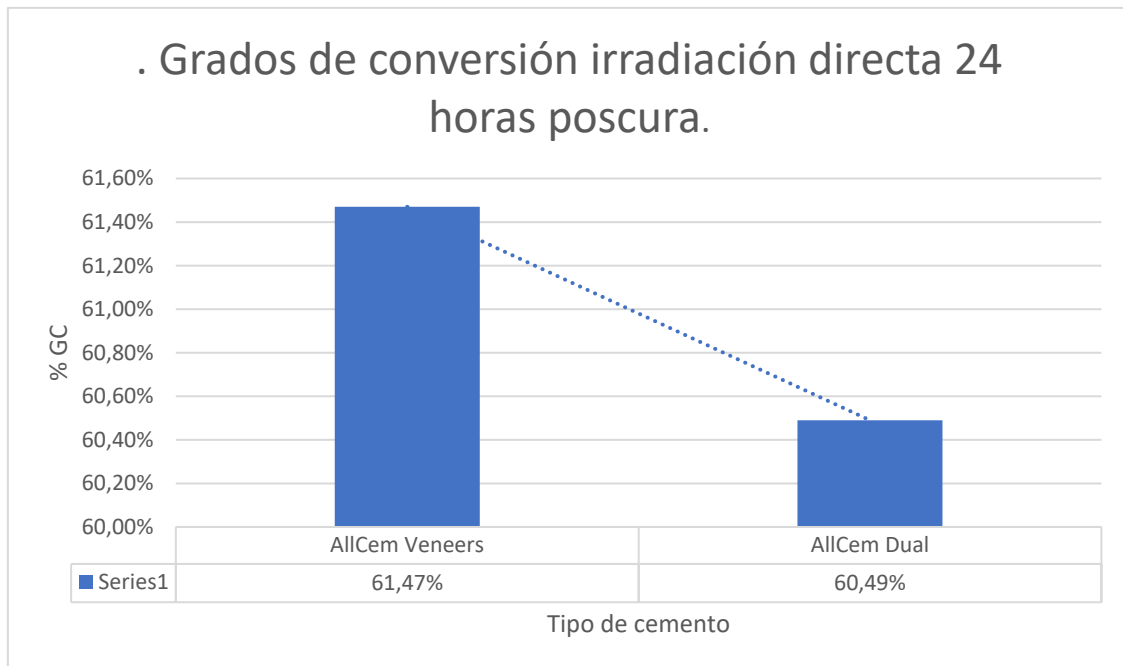
*Figura 10.* El grado de conversión de Allcem Dual alcanzó un 51,89%, mientras que Allcem Veneers alcanzó un 44,95%

En el caso de los resultados obtenidos al escanear las muestras 24 horas después de su activación directa podemos encontrar que ambos materiales lograron grados de conversión muy similares, presentando Allcem Veneers grados de conversión ligeramente superiores que Allcem Dual (Tabla 13).

Tabla 13. Grados de conversión irradiación directa 24 horas poscura

	AllCem Veneers	AllCem Dual
% de GC	59,06	60,47
	63,69	63,67
	61,67	57,35

Al ingresar los datos podemos notar que Allcem Veneers logra un grado de conversión en promedio 0,98% mayor que Allcem Dual (Fig. 11)



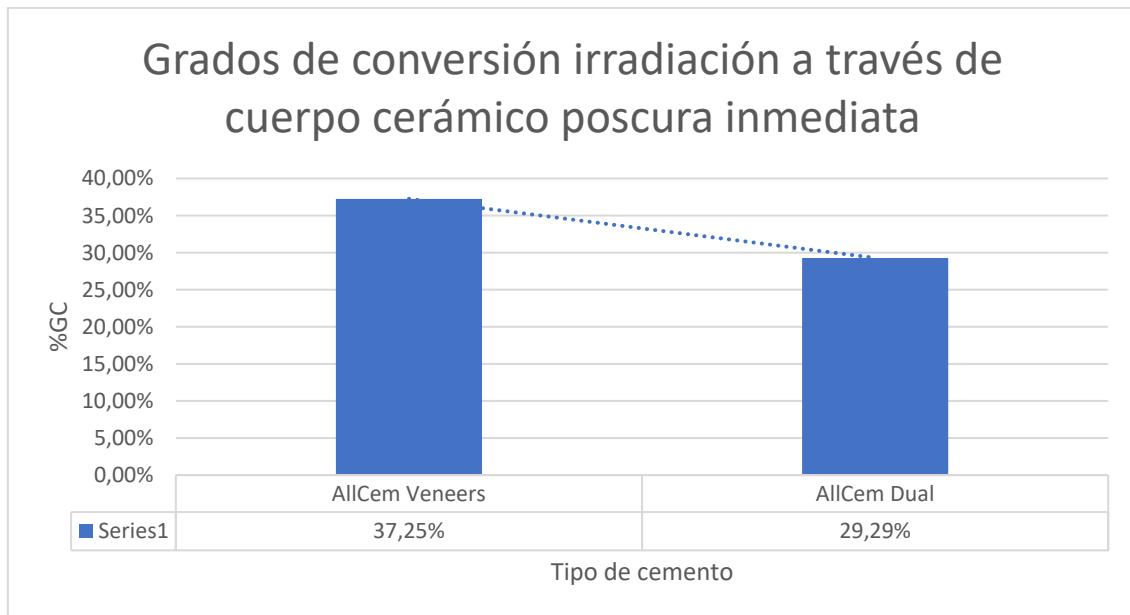
*Figura 11.* Allcem Veneers logra un grado de conversión de 61,47% mientras que Allcem Dual un 60,49%.

Al realizar el estudio interponiendo un disco cerámico de 1,5mm de espesor logramos resultados de grados de conversión menores, que pueden atribuirse al obstáculo que representa esta pieza cerámica al paso de la luz (Tabla 14).

Tabla 14. Grados de conversión de muestras irradiadas a través de cuerpo cerámico poscura inmediata.

	AllCem Veneers	AllCem Dual
% de GC	39,59	23,43
	35,75	17,86
	36,41	46,58

En este caso podemos notar una superioridad de Allcem Veneers sobre Allcem Dual en un 7,96%, lo cual se expresa a continuación (Fig. 12).



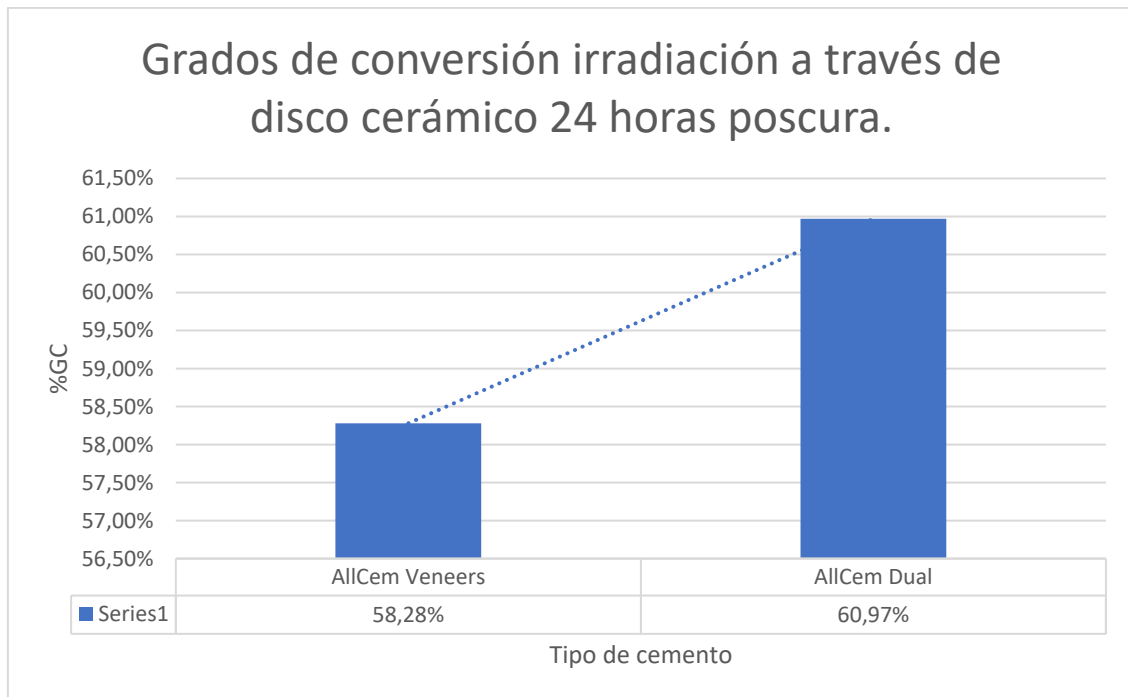
*Figura 12.* Allcem Veneers logra un grado de conversión del 37,25%, mientras que Allcem Dual alcanza un 29,29%.

Al realizar la medición del grado de conversión de las muestras después de 24 horas de haber sido activadas a través de un disco cerámico pudimos notar que en este caso Allcem Dual logra mayores grados de conversión en sus muestras que Allcem Veneers, los resultados se presentan a continuación (Tabla 15).

Tabla 15. Grados de conversión 24 horas poscura a través de cuerpo cerámico.

	AllCem Veneers	AllCem Dual
% de GC	56,45	58,5
	59,12	61,07
	59,27	63,36

Posterior al estudio estadístico obtenemos las medias de todas las muestras, en las cuales notamos un mayor grado de conversión de Allcem Dual en 1,35% sobre Allcem Veneers (Fig. 13).



*Figura 13.* Allcem Dual logra un grado de conversión de 60.97%, mientras que Allcem Veneers un 59,62%,

Según los resultados obtenidos, encontramos que se presentan mayores diferencias en los porcentajes de grado de conversión comparando ambos cementos inmediatamente de ser fotoactivados, teniendo Allcem Dual un porcentaje mayor en 6,99% que Allcem Veneers cuando fueron irradiados directamente, cuando fueron irradiados a través del disco cerámico, Allcem Veneers logró 7,96% más que Allcem Dual, mientras que después de 24 horas de la irradiación mantuvieron porcentajes muy parecidos, en irradiación directa se encontró una mínima diferencia de 0,98% entre ambos cementos siendo superior Allcem Veneers, mientras que cuando fueron irradiados a través del disco cerámico Allcem Dual fue superior con 2,69%.

## 7. Discusión

(Imazato et al., 2001) y (Stansbury & Dickens, 2001) en sus estudios determinaron que la precisión y fiabilidad de los resultados del grado de conversión de los materiales es mayor cuando estos se analizan utilizando la espectroscopia FTIR, porque a diferencia de las técnicas indirectas, las cuales

basan sus resultados en la medición de los cambios en el rendimiento mecánico del material para evaluar el grado de conversión relativo de los mismos, la espectroscopía permite la detección directa de la cantidad de enlaces de carbono sin reaccionar en la matriz de resina, lo cual afirma la confiabilidad de nuestros resultados.

Como se ha expuesto previamente, los cementos resinosos cuentan con una composición similar a la de las resinas compuestas, la única diferencia se encuentra en que han sido desarrollados para brindar propiedades mecánicas y características de manejo adecuados para facilitar la cementación de restauraciones indirectas, debido a su aplicación y activación a través del material restaurador, la fotopolimerización podría ser afectada en cierto grado, lo cual se reflejó en los resultados de nuestro estudio, en el cual el cemento fotopolimerizable al ser irradiado directamente alcanzó una media en el porcentaje de grado de conversión inmediatamente después de su activación del 44,95%, mientras que al ser irradiado a través del disco cerámico obtuvo una media del 37,25%, en el caso del cemento de activación dual, al ser irradiado directamente, se obtuvo una media del 51,89% y al hacerlo indirectamente de 29,29%, las investigaciones de otros autores confirmaron este fenómeno, determinando que el fotocurado directo sin interposición de un cuerpo cerámico, independientemente del tiempo de curado promovió siempre la media de conversión más alta (Souza-Junior et al., 2013), mientras que al utilizar bloques cerámicos de diferentes espesores para realizar la fotoactivación a través de ellos (Calgaro, Furuse, Correr, Ornaghi, & Gonzaga, 2017), se encontró que a partir del 1,2 mm de espesor los valores de los grados de conversión se ven afectados independientemente de los mecanismos de activación de los cementos estudiados (Cho, Lopez, Berzins, Prasad, & Ahn, 2015), razón por la cual decidimos hacer este estudio con muestras irradiadas directa e indirectamente, lo que nos permite tener una visión más real del comportamiento de los materiales cuando son utilizados para su propósito clínico.

Se ha planteado además que los cementos resinosos presentan ventajas sobre los cementos convencionales, como permitir al clínico realizar técnicas

adhesivas y tener propiedades ópticas superiores a los cementos convencionales, sin embargo hay que tener en cuenta que existen limitaciones si no se logran porcentajes admisibles de conversión de monómeros a polímeros (de entre 50% al 75%), ya que esto derivaría en una disminución de las propiedades mecánicas (Ruyter, 1982), debido a que en este estado, los valores de sorción y solubilidad del cemento son demasiado elevados, por lo cual según estudios puede ser degradado en el ambiente oral muy rápidamente (E. M. da Silva, Noronha-Fihlo, Amaral, Poskus, & Guimaraes, 2013). La degradación de los cementos a base de resina reduce la resistencia de la unión entre ellos y el sustrato en el margen de restauración, lo que puede significar la pérdida clínica de la restauración por una falla adhesiva mediada por degradación, que también puede ocasionar fracturas en el material restaurador o caries secundarias (D'Arcangelo et al., 2014) y un aumento del riesgo de lixiviación de sustancias tóxicas del material a los tejidos blandos (Spahl, Budzikiewicz, & Geurtsen, 1998) y según estudios más recientes, se ha demostrado que los monómeros no reactivos pueden llegar incluso a irritar la pulpa, generando una respuesta inflamatoria localizada (Chang et al., 2014). Al observar los resultados del presente estudio, podemos notar que los cementos investigados lograron porcentajes aceptables a las 24 horas poscura, que van desde 58% hasta 61%, lo cual nos sugiere que estos cementos logran alcanzar grados de conversión seguros, tanto para evitar la degradación de estos como para proteger los tejidos de los daños que pudieran causar los monómeros no reactivos.

En el presente estudio se escanearon las muestras a 24 horas poscura, ya que este es un tiempo adecuado para realizar las mediciones y encontrar diferencias en el porcentaje del grado de conversión entre ambos cementos independientemente de su mecanismo de activación, para lo cual nos hemos basado en los métodos utilizados en estudios con mediciones de grados de conversión a lo largo de siete días, específicamente en el cual se realizaron mediciones del grado de conversión de cementos de polimerización dual, autopolimerizables y fotopolimerizables (Yan, Kim, Kim, & Kwon, 2010).



Se escanearon las muestras en varios intervalos de tiempo posterior a su activación, siendo esto: a 1, a 2, a 5, a 10, a 15 y a 30 minutos, posteriormente, a 1 hora, a 24 horas, a 48 horas y a los 7 días, vamos a tomar como ejemplo de este estudio la medición realizada al cemento RelyX Veneers, el cual a las 24 horas logró un grado de conversión del 57,31%, y a los siete días fue de 58,31%, lo cual sugiere que después de las 24 horas no se esperan aumentos significativos del grado de conversión de los cementos, en nuestro estudio, el cemento fotopolimerizable investigado en nuestro estudio, Allcem Veneers alcanzó en promedio a las veinticuatro horas el 61,47% de conversión, en el estudio realizado se puede observar también el desempeño del cemento RelyX ARC de activación dual, alcanzando a las 24 horas el 65,74% y a los siete días 66,71% de igual manera no encontramos un aumento considerable, en nuestro estudio Allcem Dual logró a las 24 horas una media de 60,49% (Hansen, 1983) (Watts D, Amer O, 1987) y (Pilo & Cardash, 1992).

En el presente estudio pudimos notar que aunque los procedimientos fueron estandarizados para ambos materiales con respecto a los tiempos de polimerización, intensidad de luz de polimerización, almacenamiento, consiguiendo mantener las muestras libres de exposición lumínica y a temperatura ambiente, este último factor especialmente puede repercutir en el aumento del grado de conversión si la temperatura llega a elevarse, lo cual es una ventaja para su aplicación clínica, ya que la temperatura corporal ayudaría a lograr un grado de conversión más alto, pero para fines de investigación no sería lo más óptimo, debido a que esto provocaría una distorsión en los resultados lo cual afectaría el objetivo principal del estudio (Oliveira et al., 2012), a pesar de tomar todas las precauciones previamente expuestas, cuando se realizó el escaneo y medición de las muestras, se detectaron diferencias en los resultados de todas las muestras analizadas, esta discrepancia según otras investigaciones, puede ser atribuida a las variaciones de su química, es decir, sus mecanismos de activación, debido a que un cemento es fotopolimerizable, mientras que el otro es de activación dual, a pesar que la viscosidad inicial y flexibilidad de su estructura química sean

similares y los haga comparables entre sí, como se ha hecho previamente (Dickens, Stansbury, Choi, & Floyd, 2003).

Dentro de los resultados de nuestro estudio, existe una variación bastante notoria, precisamente en la medición poscura inmediata entre ambos materiales en sus dos modalidades, en los resultados de la medición poscura inmediata con luz directa, el cemento dual alcanzó un grado de conversión 52,27% mientras que el cemento de fotoactivación en las mismas condiciones obtuvo un 44,86%, superando el dual al fotoactivado por un 7,41% mientras que en la medición poscura inmediata a través del cuerpo cerámico el cemento de fotoactivación logra un porcentaje de 39,59% y el dual alcanza un 23,43% superando al cemento dual por un 16,16%, la explicación a este fenómeno podría estar en la composición química de ambos cementos y en la necesidad de los desarrolladores de materiales dentales de reducir al máximo el estrés de polimerización de los materiales, varios autores manifiestan que este fenómeno puede ser controlado efectivamente disminuyendo la tasa de polimerización, modificando la concentración de químicos inhibidores de la misma, por lo cual este comportamiento en presencia de luz directa o indirecta podría estar mediado por la presencia de estos componentes en ambos materiales (Schneider et al., 2014) (Braga & Ferracane, 2002).

## 8. CONCLUSIÓN

- El grado de conversión de ambos cementos presentó diferencias significativas solamente cuando se realizaron los escaneos inmediatamente después de la fotoactivación.
- Un factor que influye dentro de los valores iniciales de grado de conversión en estos cementos con diferencias en su mecanismo de activación es si la irradiación se realiza directamente o a través de un disco cerámico, teniendo resultados más altos en el grado de conversión del cemento dual cuando las muestras fueron fotoactivadas directamente, mientras que cuando las muestras fueron irradiadas a través del disco cerámico, se encontraron porcentajes mayores del grado de conversión en el cemento de fotoactivación.
- Al realizar el estudio de las muestras habiendo pasado 24 horas después de su activación no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes del grado de conversión de las muestras, logrando cifras muy parecidas independientemente del mecanismo de activación.

## 9. RECOMENDACIONES

- Para estudios posteriores se puede recomendar la utilización de discos cerámicos con distintos espesores para obtener resultados mas específicos de los grados de conversión obtenidos por los materiales en dependencia de su mecanismo de activación.
- De igual manera se pueden utilizar discos cerámicos de un mismo espesor pero con diferentes grados de traslucidez para a fin de comparar los resultados de los grados de conversión de los cementos con diferente mecanismo de activación.
- Podría recomendarse la realización de un estudio que incluya termociclaje para poder comparar el porcentaje de los grados de conversión y la estabilidad química de los cementos de fotoactivación y duales al ser expuestos a ambientes similares al ambiente oral.

## REFERENCIAS

- Alshali, R. Z., Silikas, N., & Satterthwaite, J. D. (2013). Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dental Materials*, 29(9), e213–e217. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.05.011>
- Arrais, C. A. G., Giannini, M., & Rueggeberg, F. A. (2009). Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(2), 128–136. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60008-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60008-1)
- BinMahfooz, A. M., Qutub, O. A., Marghalani, T. Y., Ayad, M. F., & Maghrabi, A. A. (2017). Degree of conversion of resin cement with varying methacrylate compositions used to cement fiber dowels: A Raman spectroscopy study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.002>
- Braga, R., & Ferracane, J. L. (2002). to Degree of Conversion and Reaction Kinetics Formulation of Experimental Composites, 114–118.
- Calgaro, P. A. M., Furuse, A. Y., Correr, G. M., Ornaghi, B. P., & Gonzaga, C. C. (2017). Influence of the interposition of ceramic spacers on the degree of conversion and the hardness of resin cements. *Brazilian Oral Research*, 27(5), 403–409. <https://doi.org/10.1590/s1806-83242013000500004>
- Chang, H. H., Chang, M. C., Wang, H. H., Huang, G. F., Lee, Y. L., Wang, Y. L., ... Jeng, J. H. (2014). Urethane dimethacrylate induces cytotoxicity and regulates cyclooxygenase-2, hemeoxygenase and carboxylesterase expression in human dental pulp cells. *Acta Biomaterialia*, 10(2), 722–731. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.10.006>
- Cho, S. H., Lopez, A., Berzins, D. W., Prasad, S., & Ahn, K. W. (2015). Effect of Different Thicknesses of Pressable Ceramic Veneers on Polymerization of Light-cured and Dual-cured Resin Cements. *The journal of contemporary dental practice*, 16(5), 347–352.
- D'Arcangelo, C., Zarow, M., De Angelis, F., Vadini, M., Paolantonio, M.,

- Giannoni, M., & D'Amario, M. (2014). Five-year retrospective clinical study of indirect composite restorations luted with a light-cured composite in posterior teeth. *Clinical Oral Investigations*, *18*(2), 615–624. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1001-8>
- Da Silva, R., Coutinho, M., Cardozo, P. I., Silva, L. A. Da, & Zorzatto, J. R. (2011). Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. *Journal of Applied Oral Science*, *19*(4), 355–362. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572011005000010>
- Di Francescantonio, M., Aguiar, T. R., Arrais, C. A. G., Cavalcanti, A. N., Davanzo, C. U., & Giannini, M. (2013). Influence of viscosity and curing mode on degree of conversion of dual-cured resin cements. *European Journal of Dentistry*, *7*(1), 81–85.
- Dickens, S. H., Stansbury, J. W., Choi, K. M., & Floyd, C. J. E. (2003). Photopolymerization Kinetics of Methacrylate Dental Resins, 6043–6053.
- Ferracane, J. L., & Greener, E. H. (1986). The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *Journal of Biomedical Materials Research*, *20*(1), 121–131. <https://doi.org/10.1002/jbm.820200111>
- Ferracane, Jack L. (1985). Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials*, *1*(1), 11–14. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(85\)80058-0](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(85)80058-0)
- Hansen, E. K. (1983). After-polymerization of visible light activated resins: surface hardness vs . light source, (2).
- Hill, E. E., & Lott, J. (2011). A clinically focused discussion of luting materials. *Australian Dental Journal*, *56*(SUPPL. 1), 67–76. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01297.x>
- Imazato, S., McCabe, J. F., Tarumi, H., Ehara, A., & Ebisu, S. (2001). Degree of conversion of composites measured by DTA and FTIR. *Dental Materials*, *17*(2), 178–183. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00066-X)

- Inokoshil, S., Willems, G., Merbeek, B., Lambrechts, P., Braem, M., & Vanherle, G. (1993). Dual-cure luting composites. Part I: filler particle distribution. *Journal of Oral Rehabilitation*, 20(2), 133–146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1993.tb01597.x>
- Jongsma, L. A., & Kleverlaan, C. J. (2015). Influence of temperature on volumetric shrinkage and contraction stress of dental composites. *Dental Materials*, 31(6), 721–725. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.03.009>
- Kilinc, E., Antonson, S. A., Hardigan, P. C., & Kesercioglu, A. (2011). The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. *Operative Dentistry*, 36(6), 661–669. <https://doi.org/10.2341/10-206-L>
- Kim, A.-R., Jeon, Y.-C., Jeon, C.-M., Yun, M.-J., Choi, J. W., Kwon, Y. H., & Huh, J.-B. (2016). Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. *Dental Materials Journal*, 35(2), 298–308. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-056>
- Komori, P. C. P., Paula, A. B., Martin, A. A., Tango, R. N., Sinhoreti, M. A. C., & Correr-Sobrinho, L. (2010). Effect of light energy density on conversion degree and hardness of dual-cured resin cement. *Operative Dentistry*, 35(1), 120–124. <https://doi.org/10.2341/09-126-L>
- Kumari, R. V., Poluri, R. K., Nagaraj, H., & Siddaraju, K. (2015). Comparative Evaluation of Bond Strength of Dual-Cured Resin Cements: An In-Vitro Study. *Journal of international oral health : JIOH*, 7(Suppl 1), 43–47. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26225104> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4516081>
- Lise, D., Perdigão, J., Van Ende, A., Zidan, O., & Lopes, G. (2015). Microshear Bond Strength of Resin Cements to Lithium Disilicate Substrates as a Function of Surface Preparation. *Operative Dentistry*, 40(5), 524–532. <https://doi.org/10.2341/14-240-L>
- McLaren, E. a, & Whiteman, Y. Y. (2010). Ceramics: rationale for material

- selection. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 31(9), 666–668, 670, 672 passim; quiz 680, 700.
- Mezzomo, F., Freitas, F., Branco, V., & Werner, S. (2014). Discrepancies in degree of conversion measurements by FTIR, 28(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242013000600002>
- Moraes, L. G. P., Rocha, R. S. F., Menegazzo, L. M., de Araújo, E. B., Yukimito, K., & Moraes, J. C. S. (2008). Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *Journal of applied oral science: revista FOB*, 16(2), 145–149. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572008000200012>
- Moraes, R. R., Boscato, N., Jardim, P. D. S., & Schneider, L. F. J. (2011). Dual and self-curing potential of self-adhesive resin cements as thin films. *Operative Dentistry*, 36(6), 635–642. <https://doi.org/10.2341/10-367-L>
- Noronha Filho, J. D., Brandão, N. L., Poskus, L. T., Guimarães, J. G. A., & Silva, E. M. da. (2010). A critical analysis of the degree of conversion of resin-based luting cements. *Journal of Applied Oral Science*, 18(5), 442–446. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572010000500003>
- Novais, V. R., Raposo, L. H. A., Miranda, R. R. de, Lopes, C. de C. A., Simamoto Júnior, P. C., & Soares, C. J. (2017). Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *Journal of Applied Oral Science*, 25(1), 61–68. <https://doi.org/10.1590/1678-77572016-0221>
- Oliveira, M., Cesar, P., Giannini, M., Rueggeberg, F., Rodrigues, J., & Arrais, C. (2012). Effect of Temperature on the Degree of Conversion and Working Time of Dual-Cured Resin Cements Exposed to Different Curing Conditions. *Operative Dentistry*, 37(4), 370–379. <https://doi.org/10.2341/11-198-l>
- Pilo, R., & Cardash, H. S. (1992). Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites, (September), 299–304.
- Pini, N. P., Aguiar, F. H. B., Leite Lima, D. A. N., Lovadino, J. R., Suga Terada,



- R. S., & Pascotto, R. C. (2012). Advances in dental veneers: Materials, applications, and techniques. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 4, 9–16. <https://doi.org/10.2147/CCIDEN.S7837>
- Rodriguez, A., Yaman, P., Dennison, J., & Garcia, D. (2017). Effect of Light-Curing Exposure Time, Shade, and Thickness on the Depth of Cure of Bulk Fill Composites. *Operative Dentistry*, 16-057–L. <https://doi.org/10.2341/16-057-L>
- Rueggeberg, F. A., Gianninni, M., Arrais, C. A. G., & Price, R. B. T. (2017). Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Brazilian Oral Research*, 31(suppl 1), 64–91. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0061>
- Runnacles, P., Correr, G. M., Filho, F. B., Gonzaga, C. C., & Furuse, A. Y. (2014). Degree of conversion of a resin cement light-cured through ceramic veneers of different thicknesses and types. *Brazilian Dental Journal*, 25(1), 38–42. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302200>
- Ruyter, I. E. (1982). Methacrylate-based polymeric dental materials: Conversion and related properties: Summary and Review. *Acta Odontologica Scandinavica*, 40(5), 359–376. <https://doi.org/10.3109/00016358209024081>
- Schneider, L. F. J., Cavalcante, L. M., Silikas, N., Schneider, L. F. J., Cavalcante, L. M., & Silikas, N. (2014). Dental Biomechanics Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite Applications: A Review. <https://doi.org/10.4061/2010/131630>
- Sideridou, I. D., & Vouvoudi, E. C. (2015). Dental Composites: Dimethacrylate-Based. *Encyclopedia of Biomedical Polymers and Polymeric Biomaterials*, (April), 2463–2470. <https://doi.org/10.1081/E-EBPP-120051061>
- Silva, E. M. da, Noronha-Fihlo, J. D., Amaral, C. M., Poskus, L. T., & Guimaraes, J. G. A. (2013). Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *Journal of Applied Oral Science*, 21(3), 271–277. <https://doi.org/10.1590/1679-775720130026>

- Sjögren, G., Molin, M., van Dijken, J., & Bergman, M. (1995). Ceramic inlays (cerec) cemented with either a dual-cured or a chemically cured composite resin luting agent a 2-year clinical study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 53(5), 325–330. <https://doi.org/10.3109/00016359509005995>
- Souza-junior, E. J., Castillo, B., Borges, D., Carvalho, D., Salles, R., Brandt, W. C., ... Sinhoret, C. (2013). Influence of the curing mode on the degree of conversion of a dual-cured self-adhesive resin luting cement beneath ceramic, (March 2012), 444–448. <https://doi.org/10.3109/00016357.2012.690571>
- Souza, G. D. E., Braga, R. R., Cesar, P. F., & Lopes, G. C. (2015). Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements : a literature review, 23(4), 358–368.
- Spahl, W., Budzikiewicz, H., & Geurtsen, W. (1998). Determination of leachable components from four commercial dental composites by gas and liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Dentistry*, 26(2), 137–145. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(96\)00086-3](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00086-3)
- Spinell, T., Schedle, A., & Watts, D. C. (2009). Polymerization shrinkage kinetics of dimethacrylate resin-cements, 5, 1058–1066. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.04.008>
- Stansbury, J. W., & Dickens, S. H. (2001). Determination of double bond conversion in dental resins by near infrared spectroscopy, 17.
- Subramanian, A., & Rodriguez-Saona, L. (2009). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. En *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control* (pp. 145–178). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374136-3.00007-9>
- Vrochari, A. D., Eliades, G., Hellwig, E., & Wrbas, K. (2009). Curing efficiency of four self-etching , self-adhesive resin cements, 5, 1104–1108. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.02.015>
- Watts D, Amer O, C. E. (1987). Surface hardness development in light-cured composites, 265–269.
- Yan, Y. L., Kim, Y. K., Kim, K.-H., & Kwon, T.-Y. (2010). Changes in Degree of

Conversion and Microhardness of Dental Resin Cements. *Operative Dentistry*, 35(2), 203–210. <https://doi.org/10.2341/09-174-l>

Yang, Y., Reichl, F. X., Shi, J., He, X., Hickel, R., & Högg, C. (2017). Cytotoxicity and DNA double-strand breaks in human gingival fibroblasts exposed to eluates of dental composites. *Dental Materials*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.002>

