

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

Facultad de Odontología

Maestría en Odontología Restauradora y Estética



Tesis para optar al Título de:

Máster en Odontología Restauradora y Estética

“Grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de cementación de especímenes de composite a diferentes espesores, Septiembre-Noviembre 2020”

Autor:

C.D. Roberto Antonio Alejo Vidaurre.

Tutor:

M.Sc. Walter José Salazar Salgado.

Asesor Metodológico:

M.Sc. Manuel Amed Paz Betanco.

León, Octubre 2023.

2023: “TODAS Y TODOS JUNTOS VAMOS ADELANTE”

RESUMEN

El uso de resina compuesta directa o indirecta para restauraciones posteriores ha aumentado significativamente en los últimos años, como alternativa a la restauración de amalgama. Entre las principales preocupaciones es la adaptación (tanto interna como marginal) y el sellado interfase resultante de la resina a las paredes, estudios han obtenido mejores resultados en restauraciones cementadas con resina termomodificada en cuanto a mejor sellado marginal. La modificación de la temperatura de la resina tiene como ventaja la reducción de viscosidad y la facilidad de manejo. Este estudio tiene por objetivo analizar el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de cementación de especímenes de composite a diferentes espesores mediante espectroscopia Raman. Metodología: a través de un estudio experimental in vitro se realizó análisis por espectrómetro en especímenes de grosores de 2, 4 y 6 mm. Los resultados mostraron diferencias en el grado de conversión entre 2 y 4mm, y de manera general entre los grupos. Conclusión: Existen diferencias estadísticamente significativas en el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante entre los especímenes de composite en los diferentes grosores.

Palabras claves: resina termomodificada, grado de conversión, composite, espectroscopia Raman.

León 15 de Noviembre 2023

Carta de Autorización del tutor

El suscrito docente de Maestría Profesional en odontología restauradora y estética y tutor del trabajo monográfico titulado "Grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de cementación de especímenes de composite a diferentes espesores, Septiembre – Noviembre 2020"

Realizado por el Dr. Roberto Antonio Alejo Vidaurre, considera que este documento ha cumplido con los requisitos necesarios para ser sometido a consideración de un tribunal examinador dispuesto por las autoridades de la facultad de Odontología, para ser defendido por el sustentante, como requisito para obtener el título de Master en Odontología Restauradora y Estética.

Atentamente:



Dr. Walter Salazar Salgado
Master en Odontología Restauradora y Estética
Facultad de Odontología UNAN –León



Facultad
de
Odontología


CONSTANCIA DEL ASESOR

Por este medio certifico que he sido asesor metodológico del trabajo de grado
"Grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de
cementación de especímenes de composite a diferentes espesores,
Septiembre-Noviembre 2020" como forma de culminación de estudios de la
Maestría Profesional en Odontología Restaurativa y Estética presentada por el
Cirujano Dentista Roberto Antonio Alejo Vidaurre.

Como docente investigador de esta prestigiosa Alma Máter considero que la
presente investigación cumple con todos los criterios científicos y los aportes del
estudio beneficiarán a todo el gremio odontológico pues podrán utilizar con
seguridad en su práctica clínica el método experimentado por nuestro residente.

Extiendo la presente **CONSTANCIA**, en León *Ciudad Universitaria y Primera
Capital de la Revolución Popular Sandinista* a los 16 días del mes de Octubre del
año 2023.

Atentamente:


Manuel Paz Betanco, M. Sc.
Profesor Titular UNAN-León.
Asesor Metodológico.

2023: "Todas y todos juntos vamos adelante"

c.c/Archivo.

DEDICATORIA

A Dios;

Por darme la sabiduría, la fuerza, la motivación y guiarme en el camino correcto para culminar esta meta.

A mi madre Lydia;

por su apoyo, su amor, por sus deseos de verme triunfar. Por darme la vida.

A mi Esposa Amy;

por sacar siempre lo mejor de mí, por motivarme, por todo su cariño y amor, por ser ese pilar fundamental en mi vida.

A mi hijo Lucas;

por la felicidad que me regala y que representa lo más importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por sus infinitas bendiciones.

A mis tutores por la paciencia, comprensión y apoyo brindado.

A todos mis docentes por sus excelentes enseñanzas.

A la Universidad que ha sido mi alma mater donde he aprendido todas las bases de esta carrera que adoro.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
Objetivo General:	4
Objetivos Específicos:	4
III. MARCO TEÓRICO	5
ESTUDIOS RELACIONADOS	31
IV. DISEÑO METODOLOGICO.....	34
1. Tipo de estudio:	34
2. Área de estudio:.....	34
3. Población de estudio:	34
4. Muestra	34
5. Muestreo	34
6. Unidad de análisis:	34
7. Criterios de inclusión:.....	34
8. Criterios de exclusión:.....	35
9. Recolección de la información:.....	35
10. Fuentes de información	38
11. Aspectos éticos	38
12. Procesamiento de datos:	38
V. RESULTADOS	39
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	50
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	54
ANEXOS	58
ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	58
ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	59

I. INTRODUCCIÓN

El uso de resina compuesta para restauraciones posteriores ha aumentado significativamente en los últimos años, como alternativa a la restauración de amalgama. Entre las principales preocupaciones es la adaptación (tanto interna como marginal) y el sellado interfase resultante de la resina a las paredes de preparación de la pieza dental, al colocar y contornear un material compuesto.

Para reducir la contracción de la polimerización en aplicaciones posteriores, los fabricantes de resinas compuestas aumentaron el contenido de relleno. Sin embargo, esta modificación da como resultado una mayor viscosidad de la resina, además, muchos compuestos de resina contemporáneos también son pegajosos y difíciles de manipular, lo que resulta en mayores problemas de colocación (Uctasli et al. 2008).

La utilización de resina compuesta directa en dientes posteriores posibilita la realización de preparaciones cavitarias menos invasivas, buenos resultados estéticos y el aumento de resistencia de la estructura remanente fragilizada, consecuencia de la adhesión al substrato dental (Duquia et al. 2006), garantizando un desempeño satisfactorio inmediato y a largo plazo (Tinajero Aroni 2016).

Por otro lado, la dificultad de obtención de contactos proximales, anatomía oclusal, contorno axial y estabilidad del color, son deficiencias que aún deben ser superadas. Además de la contracción de polimerización, existen otros factores que pueden comprometer la integridad de la restauración como, por ejemplo, fracturas en el tejido dentario, deflexión de las cúspides e incluso comprometer la integridad marginal de la restauración, causar sensibilidad postoperatoria, microfiltración marginal y recidiva de caries (Andrade et al, 2007). (Aggarwal, Logani, Jain, & Shah, 2008)

El éxito clínico de las restauraciones de resina depende en gran medida de su polimerización y grado de conversión. Las resinas de consistencia viscosas son muy difíciles de adaptar con precisión a las preparaciones de cavidades y pueden dejar

espacios no deseados. Hay muchos factores que afectan la viscosidad de la resina, una de las mayores limitaciones de la restauración directa de resina compuesta está relacionada con su alta contracción de polimerización.

Durante la polimerización del compuesto de resina, cualquier contracción volumétrica se compensará mediante la reorganización o el flujo del compuesto de resina. Se observa que el calentamiento de las resinas compuestas antes de la fotopolimerización reduce la viscosidad y aumenta la fluidez al aumentar el grado de conversión. Cuando aumenta la temperatura, tanto la movilidad de los radicales como de los monómeros aumentan, lo que da como resultado una red de polímeros más reticulada.

Según Yang, Raj & Sherlin (2016), las resinas precalentadas tienen una mejor dureza superficial y una mayor profundidad de curado, pues en un estudio se mostró que cuando la temperatura se eleva de 5 ° C a 40 ° C, hay un aumento significativo en la dureza Vickers a una profundidad de curado de 0,5 mm.

En la actualidad los cementos de resina son los materiales más empleados para el anclaje estético de restauraciones indirectas. Los estudios clínicos han mostrado buenos resultados para los cementos de resina convencionales. (Goulart, Damin, Melara, & Conceicao, 2013)

Los principales factores que influyen en la elección del agente de cementación son el espesor de la película formado por el material, la resistencia al desgaste, el sellado marginal, la resistencia a las manchas y la capacidad de curado.

El grado de conversión del composite siempre será de preocupación cuando se utiliza como agente de cementación, ya que está determinado por múltiples factores. Sin embargo, el avance en la calidad de los materiales y equipos como las lámparas de fotocurado ha generado mayores grados de conversión de composite, y los promotores de esta técnica refieren que el composite para cementación se polimeriza adecuadamente sin mermar sus propiedades mecánicas. (García & Blandón, 2018)

Es debido a todo lo anterior expuesto, es que nos hemos planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de cementación de especímenes de composite a diferentes espesores, Septiembre-Noviembre 2020?

Dentro de los materiales estéticos se encuentran también los cerómeros maquinados y las porcelanas, que son utilizados para restauraciones indirectas (incrustaciones), en estos casos, la duración a largo plazo se ve influenciada, por el agente cementante utilizado, la estabilidad del mismo, que permita un eficiente sellado marginal, una buena adhesión diente - material restaurativo, que evite problemas de irritación pulpar, filtración marginal, sensibilidad postoperatoria, caries secundaria, requisitos indispensables para su éxito Fuente especificada no válida.

Al existir nuevas tendencias en preparaciones dentales para incrustaciones, nuevas técnicas adhesivas, se sugiere también el uso de resina convencional como agente cementante, la presente investigación va encaminada a aportar a la comunidad odontológica, sobre si el ocupar las resina convencional como agente cementante en su procedimientos operatorios rutinarios.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente de cementación de especímenes de composite a diferentes espesores mediante espectroscopia Raman.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante para especímenes de composite de 2, 4, 6 mm de espesor.
2. Comparar el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante entre los especímenes de composite en los diferentes grosores.

III. MARCO TEÓRICO

Resina compuesta.

El término de material compuesto se refiere a una combinación tridimensional de por lo menos dos sustancias diferentes químicamente entre sí con una interfase bien definida que separa y une a la vez a los componentes. Esta combinación, suministra un material con propiedades que son muy superiores a las que podrían obtenerse en cualquiera de los componentes actuando por separado. (Carillo & Monroy, 2009)

Las resinas compuestas para uso dental, consisten en partículas de relleno inorgánicas inmersas en una matriz orgánica de polímeros en las que las partículas inorgánicas están recubiertas con un compuesto de silano activo que une a las partículas de relleno con la resina, proporcionando como se mencionó, la unión de esta fase inorgánica a la fase orgánica, lo cual dota a la restauración final con mejores propiedades que las que pudiera presentar en forma individual y por sí solas cada fase.(Carillo & Monroy, 2009)

Composición.

Los composites dentales están compuestos por tres materiales químicamente diferentes: la matriz o fase orgánicas; la matriz inorgánica, material de relleno o fase dispersa; y un órgano-silano o agente de unión entre la resina orgánica y el relleno cuya molécula posee grupos silánicos en un extremo (unión iónica con SiO₂), y grupos metacrilatos en el otro extremo (unión covalente con la resina). (Hervás, Martínez, Cabanes, Barjau, & Fos, 2006)

Fases orgánicas

Las fases orgánicas de las resinas compuestas presentan otros componentes que se le añaden para mejorar y favorecer sus propiedades:

Inhibidores:

Estos, son compuestos incluidos para prevenir la polimerización prematura de la resina. Los componentes más comúnmente utilizados son: 4-metoxifenol (PMP), 2,4,6-Terciarbutil fenol (BHT) y son generalmente utilizados en cantidades del 0.1%.

El inhibidor más utilizado es el BHT, porque puede proporcionar restauraciones con resultados más satisfactorios por tener una estabilidad de color más aceptable. (Carillo & Monroy, 2009)

Aceleradores:

En los sistemas de resinas compuestas, es necesario utilizar una amina terciaria aromática que actúe como donador de electrón, tal como la N, N dihidroxietil-p-toluidina para que interactúe con el agente iniciador para producir los radicales libres necesarios, con el fin de iniciar la reacción de polimerización de la matriz orgánica.

Algunas otras aminas también han sido utilizadas como activadores de la reacción, pero la dimetil-p-toluidina ha demostrado tener la ventaja de producir un compuesto con mayor estabilidad de color. (Carillo & Monroy, 2009)

Iniciadores:

El agente iniciador más comúnmente usado en las resinas compuestas es: el Peróxido de Benzoilo (BP). El calor, la luz y algunos agentes químicos pueden causar la descomposición o la separación del BP, dando como resultado los radicales libres que inician la polimerización. Debido a lo anterior, es muy recomendable que los materiales a base de resina compuesta sean siempre almacenados en un medio ambiente limpio, oscuro y frío. (Carillo & Monroy, 2009)

Iniciadores fotoquímicos:

La reacción de polimerización puede ser iniciada también por medio de una radiación electromagnética, tal como la luz ultravioleta UV o la luz visible. Para estos sistemas de activación, se requiere que la resina presente un componente orgánico que pueda generar radicales libres. Para la activación por luz UV, se utilizaba el

metil éter-benzoico en cantidades de 0.2%, sin la presencia de aminas terciarias y requiriendo solo de una longitud de onda para su iniciación de 365 nm.

En las resinas compuestas activadas por luz visible, el componente iniciador son las dicetonas, tal como: la Camforquinona (CQ), que está presente en una cantidad de entre 0.2% al 0.6% y son utilizadas en combinación de una amina orgánica terciaria no aromática, presente en cantidades de 0.1% o menor.

La dicetona absorbe la luz en un rango de 420 a 470 nm, que es la longitud de onda que produce un estado de activación y que, al combinarse con la amina orgánica, produce radicales libres que inician la polimerización. (Carillo & Monroy, 2009)

Componentes adicionales:

Las resinas compuestas de autopolimerización, pueden contener algunos componentes que absorben luz UV durante el manejo clínico y que actúen como estabilizadores de color. Sin embargo, estos componentes no podían ser utilizados en sistemas de curado por luz UV ya que retardaban la polimerización del compuesto, aunque si pueden ser utilizados en los sistemas de curado de luz visible. También, en algunos sistemas, el iniciador o inhibidor BHT puede ser utilizado como estabilizador de color. (Carillo & Monroy, 2009)

Fase dispersa:

Hervás et al (2006) citado por Restrepo (2014) refieren que la fase dispersa está integrada por un material de relleno inorgánico. Existe una gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones. Los modernos sistemas de resina compuesta tienen rellenos como cuarzo, sílice coloidal y vidrio de sílice con contenido de bario, estroncio y zirconio.

Agente de unión:

Por último, el agente de unión permite una fuerte unión covalente entre los rellenos inorgánicos y la matriz orgánica. Esto se logra mediante el bañado de los

rellenos con el agente de unión silano, 3-metacriloxipropiltrimetoxysilano (MPTS). (Restrepo, 2014)

1.2 Clasificación.

Los composites de los que disponemos en el mercado se clasifican según el tamaño y la forma de sus partículas de relleno, produciendo un gran abanico de posibilidades entre las que escoger. Sin embargo, cada tipo presenta unas características mecánicas y estéticas concretas, siendo la localización y el tipo de restauración por realizar las que determinen el tipo de resina compuesta a utilizar en cada caso (Restrepo, 2014).

Tabla 1

Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas de relleno.

Tipo de resina compuestas	Tamaño de las partículas
Macrorelleno	10-50 μm
Microrelleno	40-50 μm
Híbridas	10-50 μm + 40 nm
Relleno medio	1-10 μm + 40 nm
Minirelleno o microhíbridos	0.6-1 μm + 40 nm
Nanorelleno	5-100 nm
Nanohíbridos	0.6- 1 μm + 5-10 nm

Tabla de elaboración propia. Fuente Restrepo (2014)

Resinas de macrorelleno:

Contienen partículas entre 15 y 100 μm considerándoles convencionales, su actitud clínica es deficiente y el acabado superficial es pobre, ya que presenta un desgaste preferencial de matriz resinosa, la rugosidad da un acabado con brillo superficial bajo dando como resultado una mayor susceptibilidad a la pigmentación. En este

tipo de resinas el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario son las partículas que predominan. El cuarzo brindaba buena estética y durabilidad, pero carece de radiopacidad, produciendo un alto desgaste al diente antagonista debido a su dureza. El vidrio de estroncio o bario daban la característica de radiopacidad, pero desafortunadamente eran menos estables que el cuarzo. (Escobar, 2016)

Las macropartículas tienen características que son:

- Mayor resistencia mecánica.
- Menor contracción de polimerización.
- Menor dilatación térmica.
- Presenta rugosidad superficial.
- Difícil pulido. (Escobar, 2016)

Resinas de microrelleno:

La composición de microrelleno contiene, partículas a base de sílice coloidal, mezclado con una matriz curable. En el proceso de fabricación, las partículas de relleno inorgánico submicrónicas (0.03 Micrones) son incorporadas a la matriz hasta que la resina es muy viscosa. Luego la resina es polimerizada y triturada en bloques de cinco hasta cincuenta micras, las cuales son incorporadas a un material de microrelleno adicional y formar así el material restaurador para el uso clínico.

Las resinas de microrelleno pueden ser pulidas al más alto brillo y llegando a alcanzar la superficie más lisa de todas las superficies de las resinas composites. Su principal indicación es en áreas estéticas donde un alto brillo es requerido, tal como las restauraciones o carillas directas de resina. Sin embargo, las resinas de microrelleno no son tan fuertes como las otras clases de resinas por lo que es recomendable en restauraciones de clase IV, utilizar un material híbrido como su estructura, para luego ser cubierta con una resina de microrelleno. (Cubias & Escobar, 2003)

Resinas híbridas:

Se denominan así por ser reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño de macropartículas entre 1 a 8 micrones y micropartículas de 0,04 a 0,05 micrones, se presentan con una gran variedad de colores y capacidad de adaptarse con la estructura dental. Actualmente usadas en sector anterior y posterior, contienen diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia. (Escobar, 2016)

Resinas Microhíbridas:

Estas resinas contienen un alto porcentaje de partículas submicrométricas (dando así más del 60% en el volumen total). Tienen dos tamaños de partículas la más grande de 0,04 a 1 micrones, y de menor tamaño que varían entre los 0.06 y 0.08 micrones. Las resinas microhíbridas proveen una óptima resistencia al desgaste. Estas resinas presentan dificultades para ser pulidas ya que el brillo superficial se pierde con rapidez. (Escobar, 2016)

Resinas de Nanorelleno:

Presentan partículas de 0.02 a 0.075 micrones. El relleno se dispone de forma individual o agrupados en nanoclusters o nanoagregados de aproximadamente 75 nm. La nanotecnología usada en los materiales restauradores ofrece alta translucidez, pulido superior de larga durabilidad, manteniendo sus propiedades físicas. (Escobar, 2016)

Resinas nanohíbridas:

Este tipo de resinas contienen partículas nanométricas dentro de estructura inorgánica, oscilando entre los 20 y 60 nm, aunque a diferencia de las resinas de nanorelleno, no poseen un nanoclúster que conforme nanopartículas dispuestas a manera de racimos, al contrario, poseen un microrrelleno promedio de 0,7 micrones, actuando de esta manera como especie de soporte para las nanométricas,

otorgando viscosidad al material, regulando la consistencia, color y la radiopacidad. (Once, 2017)

Resinas compuestas de baja viscosidad o fluidas.

Son resinas a las cuales se les ha disminuido el porcentaje de relleno inorgánico y se han agregado a la matriz de resina algunas sustancias o modificadores reológicos (diluyentes) para de esta forma tornarla menos viscosa o fluida.

Entre sus ventajas destacan:

- Alta capacidad de humectación de la superficie dental (asegura la penetración en todas las irregularidades) tienen el potencial de fluir en pequeños socavados.
- Puede formar espesores de capa mínimos, lo que previene el atrapamiento de burbujas de aire.
- Tiene una alta elasticidad o bajo módulo elástico (3,6 - 7,6 GPa), lo cual se ha demostrado que provee una capa elástica entre la dentina y el material restaurador que puede absorber la contracción de polimerización asegurando la continuidad en la superficie adhesiva.

Reduce la posibilidad de desalajo en áreas de concentración de estrés. Aunque este tipo de resinas posee una alta contracción de polimerización (4 a 7 %), su gran elasticidad es un factor que contrarresta el esfuerzo interfacial. Sin embargo, la radiopacidad de la mayoría de estos materiales es insuficiente, por lo que puede producir confusión a la hora de determinar caries recurrente. (Rodríguez & Pereira, 2008)

Algunas de las indicaciones para estos materiales son: restauraciones de clase V, abfracciones, restauraciones oclusales mínimas o bien como materiales de forro cavitario, un aspecto controvertido, ya que las resinas fluidas no satisfacen el principal propósito de los forros cavitarios como es la protección del complejo dentinopulpar. (Rodríguez & Pereira, 2008)

Resinas compuestas de alta viscosidad, condensables, de cuerpo pesado, compactables o empacables.

Las resinas compuestas de alta densidad son resinas con un alto porcentaje de relleno. Este tipo de resinas han sido llamadas erróneamente condensables. Sin embargo, ellas no se condensan ya que no disminuyen su volumen al compactarlas, sencillamente ofrecen una alta viscosidad que trata de imitar la técnica de colocación de las amalgamas.

La consistencia de este tipo de materiales permite producir áreas de contacto más justos con la banda matriz que los logrados con los materiales de viscosidad estándar en restauraciones clase II. Para obtener esta característica, se desarrolló un compuesto denominado PRIMM (Polimeric Rigid Inorganic Matrix Material), formado por una resina Bis-GMA ó UDMA y un alto porcentaje de relleno de partículas irregulares (superior a un 80% en peso) de cerámica (Alúmina y Bióxido de Silicio). (Rodríguez & Pereira, 2008)

De esta forma se reduce la cantidad de matriz de resina aumentando su viscosidad y creando esta particular propiedad en su manejo, diferente a las resinas híbridas convencionales, ya que estas resinas son relativamente resistentes al desplazamiento durante la inserción. (Rodríguez & Pereira, 2008)

Su comportamiento físico-mecánico supera a las resinas híbridas, sin embargo, su comportamiento clínico es similar al de las resinas híbridas. Como principales inconvenientes destacan la difícil adaptación entre una capa de resina y otra, la dificultad de manipulación y la poca estética en los dientes anteriores. Un aspecto que se debe tomar en cuenta es la forma de polimerización, ya que se han obtenido mejores resultados con la técnica de polimerización retardada. (Rodríguez & Pereira, 2008)

Otro aspecto esencial para obtener mejores resultados es la utilización de una resina fluida como liner. La resina fluida al poseer un bajo módulo de elasticidad, escurre mejor y por eso posibilita una mayor humectación, adaptación y funciona como un aliviador de tensión, compensando el estrés de contracción de

polimerización de la resina empacable al ser colocadas sobre la resina fluida. Su principal indicación es la restauración de cavidades de clase I, II y VI. (Rodríguez & Pereira, 2008)

Características de la polimerización

La polimerización es la conversión de oligómeros y monómeros a una matriz de polímeros que puede ser iniciada por diferentes medios para formar radicales libres que la inician. Cuando dos o más monómeros diferentes son polimerizados juntos, este material es conocido como un copolímero y sus propiedades físicas no solo estarán relacionadas a los monómeros sino también a la unión entre ellos. Todos los sistemas de resinas en su conversión de monómero a polímero pasan al menos por cuatro etapas: activación, iniciación, propagación y terminado (Rodríguez & Pereira, 2008).

El proceso de iniciación de la polimerización o generación de radicales libres de una resina compuesta puede llevarse a cabo en cuatro formas diferentes: calor, química (autopolimerización), luz UV y por luz visible.

- En los sistemas activados por calor, el peróxido de benzoilo se separa al ser expuesto al calor para formar radicales libres.
- En los sistemas activados químicamente, la amina terciaria que actúa como un donador de electrones es utilizada para separar al peróxido benzoico en radicales libres.
- En los sistemas por luz UV, la fuente de irradiación a 365 nm irradia al éter metilbenzoico que está presente en cantidades de 0,2% y lo transforma en radicales libres sin requerir de la presencia de aminas terciarias.

En los sistemas activados por luz, una fuente de luz de entre 420 a 470 nm excita a la canforoquinona, que está presente en un 0,03% a 0,1% o a alguna otra dicetona utilizada como iniciador, a un estado triple que interactúa con una amina terciaria no aromática (alifática) como la N, N-dimethylaminoethyl methacrilate (0,1% o algo menos). (Rodríguez & Pereira, 2008)

Cuando la canforoquinona es excitada, ésta reacciona con la amina terciaria y empieza la formación de radicales libres. En las resinas compuestas autopolimerizables, los radicales son creados por la incorporación de una amina aceleradora, como el N, N-dihydroxyethyl-p-toluidina, a un iniciador, como el peróxido de benzoilo.

El peróxido es separado en dos, dando como resultado la presencia de dos radicales libres. Una vez que los agentes inhibidores se han consumido, los radicales libres están disponibles para reaccionar con las moléculas de los monómeros o de los oligómeros. Así, un radical monómero se forma y va a reaccionar en forma continua con otras moléculas de monómeros, formando de esta manera un alargamiento en cadena de polímeros.

Conforme la polimerización continúa, las cadenas de polímeros se van formando en diferentes formas estructurales y, mientras, la habilidad de los radicales libres va perdiendo disponibilidad, las uniones de carbono doble reactivo van disminuyendo progresivamente. Distintas y variadas formas de cadenas se forman, dependiendo de la habilidad de cada compuesto orgánico: molécula de Bis-GMA, forma cadenas muy rígidas y con limitada movilidad.

Los diluentes más flexibles, como el TEDMA, tienen la posibilidad de doblarse y reaccionar ya que la mayoría de las moléculas BisGMA se han unido. Los diluentes reaccionan en forma tardía para propiciar las uniones en la inter e intraunión de los carbonos dobles y, de esta manera, se forma una unión cruzada y la densidad de la masa resultante aumenta. Por lo tanto, la matriz de resina resultante de la polimerización no es una masa completamente homogénea.

Se le llama terminación de la polimerización al momento de la unión de dos radicales y es cuando se forma una unión intermolecular, resultando en la combinación de una cadena larga o también que exista la posibilidad de la formación de dos cadenas individuales: una, con una unión doble y la otra, saturada. La primera es la más deseada que se forme en las resinas compuestas y a la última se le conoce como terminación desproporcionada (Rodríguez & Pereira, 2008).

Factores que intervienen en la polimerización de composites

Factores relacionados con el material:

El tipo de iniciador o fotoiniciador:

La más utilizada es la canforoquinona, cuyo pico de absorción máxima está en los 468 nm. Hay otros iniciadores como el PPD (1-fenil1.2-propanodiona) para sustituir a la canforoquinona en la realización de restauraciones estéticas, debido a que la canforoquinona puede dejar tono amarillento a las resinas.

El color: Los pigmentos más oscuros polimerizan peor, debido a que ocasionan fenómenos de dispersión de la luz al ser más opacos.

Grosor de capa: El grosor máximo de cada capa de composite no debe exceder los 2 mm, debido a que a mayor grosor de capa más contracción de polimerización.

Factores relacionados con el foco de luz y sus características:

- **Longitud de onda:** Debería abarcar los picos de máxima activación de los diferentes tipos de fotoiniciadores.
- **Distancia:** La efectividad de la radiación lumínica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. En otras palabras, si variamos la distancia entre la luz y la superficie a polimerizar existirán grandes pérdidas en la intensidad lumínica. Es por este motivo, que se debe mantener la fuente luminosa lo más cerca posible del material de restauración.
- **Intensidad:** La intensidad mínima que debemos de exigir a las unidades de fotoactivación de composites es de 350-400 mW/cm².
- **Tiempo de exposición:** Normalmente, entre 20-40 segundos, dependiendo de la lámpara que utilicemos.

Fases de la polimerización

La polimerización de los composites comienza con la aplicación de la luz, pero continúa mucho más tiempo después de haberla apagado. Por ello se diferencia dos fases: fase lumínica y fase oscura.

Fase Lumínica de la Polimerización

Algunos autores, como Davidson y Feilzer, citan cómo la fase lumínica de la polimerización pasa por tres fases inexcusables: fase pregel, punto gel y postgel.

Fase pregel:

Al inicio de la polimerización, la resina compuesta entra en la denominada fase pregel.

La matriz de resina está en un estado plástico viscoso, la resina es capaz de fluir.

Los monómeros pueden seguir moviéndose o deslizándose en una nueva posición sin la matriz de resina.

Punto de gel:

En la polimerización, se forman macromoléculas, de esta manera la resina compuesta se transforma en sólida. El movimiento o la difusión de las moléculas sin la matriz queda inhibida.

El punto gel es definido como el punto donde la fluidez del material no puede mantenerse por la contracción de este. El material entra por tanto en la fase postgel.

Fase postgel:

En esta fase, el material está en un estado de elasticidad rígido, sin embargo, el material continúa contrayéndose.

Cuando la contracción es limitada (por lo adhesivos) en esta fase ocurre el estrés traccional.

Fase Oscura de la Polimerización

Corresponde a aquella fase en la cual la resina sigue polimerizando, mejorando el grado de conversión.

Comienza inmediatamente después de que se retire la luz y se pierde la iluminación cercana a la resina, y continúa por lo menos 24 horas después de haber desaparecido el estímulo lumínico, incluso en total oscuridad.

Es importante destacar que esta fase sólo sucede una vez que la resina ha sido expuesta a una fuente lumínica y que, por lo tanto, ya tuvo una reacción por luz previa.

Dinámica de polimerización

Durante el proceso de polimerización tienen lugar dos fenómenos en el material: el desarrollo de las propiedades mecánicas óptimas del tipo de resina que hemos seleccionado y la contracción de polimerización y estrés que ésta genera. Este proceso se produce a lo largo del tiempo y, por ello, hablamos de dinámica de polimerización.

Como resultado de la conversión del monómero en polímero, ocurre la contracción de polimerización, este fenómeno hace referencia a la reducción del volumen de la masa de la resina compuesta durante el proceso de polimerización. La contracción de polimerización es inherente a los composites y además es inevitable.

La cantidad de contracción experimentada por un composite está determinada por la cantidad de relleno inorgánico y su composición y también por su grado de conversión.

A mayor porcentaje de relleno, hace que la cantidad de resina sea menor, con lo que lo es también la cantidad de contracción.

Debido a la relación existente entre la contracción de polimerización y el grado de conversión, hemos de dar suma importancia a este último parámetro ya que presenta una gran influencia en la mayoría de las propiedades físico mecánicas de la restauración, como pueden ser:

- La resistencia al desgaste.
- La resistencia a las fuerzas de compresión y de tracción.

- La estabilidad dimensional.
- La absorción de agua.
- La estabilidad de color.
- La biocompatibilidad.

Grado de conversión

El grado de conversión indica el porcentaje de enlaces dobles que se han convertido en enlaces simples. Denota así mismo, la cantidad de monómeros de la resina que han reaccionado formando polímeros. El grado de conversión de las resinas dentales actuales oscila entre el 35 y el 80%.

La conversión incompleta aporta a la resina cierta elasticidad, propiedad que puede beneficiarnos ya que reduce las tensiones generadas en la interfase adhesivo-diente. Un mayor grado de conversión confiere a las resinas mejores propiedades mecánicas, pero con el inconveniente de una mayor contracción de polimerización.

Ferracane y colaboradores determinaron que el grado de conversión óptimo para que el comportamiento de una resina dental sea adecuado es de 55%. Se ha demostrado que en aquellas resinas en las que no se logra una polimerización completa son más propensas a formar brechas en la interfase diente-resina, permitiendo la filtración de fluidos orales.

Además, un grado de conversión incompleto hace que la resina tienda a decolorarse, y, se ha sugerido, que la presencia del monómero libre dentro de la cavidad puede ser tóxico para la pulpa. (Cuevas, 2010)

Tabla 2. Factores que afectan el grado de conversión de las resinas compuestas.

Factor	Repercusión clínica
Tiempo de polimerización	Depende del color del composite, potencia de la lámpara, profundidad de la cavidad, espesor de la capa, estructuras dentales interpuestas, cantidad de relleno del composite
Color del composite	Los tonos más oscuros requieren mayor tiempo de polimerización (60 segundos a una profundidad máxima de 0.5 mm).
Temperatura	El composite a temperatura ambiente polimeriza en menos tiempo y con mayor rapidez.
Espesor de la capa de composite	Se recomienda no polimerizar capas mayores de 2 mm de espesor.
Tipo de relleno	Los composites microfinos polimerizan peor que los de mayor carga.
Distancia entre foco de luz y composite	Distancia óptima: menor de 1 mm, con la luz perpendicular al material.
Calidad del foco de iluminación	Longitud de onda entre 400 y 500 nm. La intensidad de la luz debe ser igual o mayor de 600 mW/cm ² para asegurar un mínimo de 400 en el primer incremento de composite en cavidades posteriores
Contracción de polimerización	Depende de la cantidad de fase orgánica

Fuente de elaboración propia. Tomado de Cuevas (2010)

Profundidad de polimerización

Una de las principales desventajas del proceso de fotopolimerización es la profundidad del curado. La energía de la luz disminuye exponencialmente a medida que viaja a capas más profundas del composite como resultado de la absorción y dispersión de la luz, con una disminución en el grado de conversión y

comprometiendo las propiedades físicas, de biocompatibilidad y estabilidad del material.

El grosor máximo de cada capa de composite que se puede aplicar y curar adecuadamente se conoce como profundidad de polimerización y depende de varios factores, incluidas las condiciones de irradiación y las propiedades del material; como su tono, opacidad, cantidad y tamaño de relleno, tipo de fotoiniciador y concentración, y el ratio del índice de refracción del relleno y la resina.

La profundidad de curado aumenta significativamente al aumentar el tiempo de polimerización y disminuir la distancia entre la punta de la luz y la superficie del material. (Benavides, 2020)

Contracción y estrés de contracción

En el laboratorio las resinas compuestas tienen un buen comportamiento mecánico, estudiadas aisladamente. Pero en la clínica se detectan problemas marginales con consecuencias negativas, como la contracción de polimerización. En volumen, esta cifra oscila entre un 1,35 y un 7,1% para los materiales de restauración y entre un 2,5 y un 4% para los cementos. Como regla general, podemos decir que, cuanto más bajo sea el peso molecular promedio de la mezcla de monómeros que forman la fase resinosa, mayor será el porcentaje de contracción volumétrica. (Macorra, 1999)

Tipos de contracción:

Contracción libre:

Este tipo de contracción ocurre cuando las resinas no son adheridas a ninguna superficie que la rodee, la contracción y los vectores de contracción (dirección de la contracción) no serán afectados por ningún agente de unión. Es así como, la resina compuesta se contraerá o encogerá hacia el centro de la masa. Considerando los vectores de contracción, no habrá diferencia entre las fases pregel y postgel.

Siempre que la contracción no esté limitada o impedida, el estrés de contracción no ocurrirá. (Moradas & Álvarez, 2017)

Contracción efectiva:

Si la resina se encuentra unida a una sola superficie, la contracción va ser afectada por esta condición adhesiva. La contracción hacia el centro de la masa no será posible ya que la resina no puede contraerse o encogerse desde la superficie adhesiva. El volumen perdido va a ser compensado por la contracción hacia la superficie adherida.

No va a existir mayor diferencia entre los vectores de contracción de las fases pregel y postgel, y tampoco ocurrirá estrés de contracción porque se va tener una superficie adherida y una superficie libre para compensar la contracción. (Moradas & Álvarez, 2017)

Factores que determinan la contracción de polimerización

La reducción en volumen de las resinas compuestas está íntimamente relacionada con el grado de conversión, de tal forma que la contracción se incrementa con el número de enlaces covalentes presentes tras la polimerización. Un menor grado de conversión final implicaría valores más bajos de contracción y de estrés, pero se comprometerían las propiedades mecánicas del material y la estabilidad del color. Sin embargo, niveles de conversión muy altos no mejoran necesariamente el rendimiento de las restauraciones de resinas compuestas a largo plazo.

El grado de conversión y la contracción volumétrica resultante dependen de distintos factores:

1. Tipo de matriz:

Se ha visto que la cantidad, movilidad relativa, peso molecular y funcionalidad de los monómeros determinan la contracción del material.

Cuanto mayor es el peso molecular de los monómeros, menos enlaces dobles habrá por unidad de peso y alcanzan un menor grado de conversión, de forma que sufren menos contracción.

Los monómeros con mayor peso molecular son los bifuncionales, siendo de mayor peso el bis-GMA. Es éste un monómero muy viscoso con un grado de conversión bajo, lo que produce una baja contracción volumétrica.

El UDMA y el bis-EMA tienen un peso molecular medio.

El TEGDMA, debido a su bajo peso y alta concentración de enlaces dobles, produce más enlaces covalentes durante su polimerización, con lo que es el monómero que sufre una mayor contracción.

La polimerización de la matriz resinosa libre de monómeros corre a cargo de la apertura de un anillo catiónico de la molécula de oxirano, haciendo que la contracción volumétrica esté alrededor del 1%, siendo significativamente menor que cualquier otro composite actual.

El silorano presenta compatibilidad únicamente con su sistema adhesivo específico y la capa híbrida que forma con la dentina es similar a la que forman los adhesivos autograbantes de un solo paso.

Dado que las propiedades físicas de este material son similares a las de las resinas compuestas a base de metacrilatos su comportamiento clínico es aceptable para su uso como materiales de restauración.

Los tiolenos tienen una cinética más favorable que las resinas compuestas, ya que presentan una velocidad de polimerización más lenta, un grado de conversión mayor y una sensibilidad a la inhibición por el oxígeno muy baja. (Cabrera, 2012)

2. Microestructura del material:

Con una menor cantidad de relleno la resina contrae más, ya que hay proporcionalmente una mayor cantidad de monómeros disponibles para formar enlaces. Es por esta razón que los composites fluidos, al tener mucha menor carga

de relleno, tienden a contraer más que los condensables, pero menos que los adhesivos y otras resinas sin carga.

El tamaño de partícula también afecta la contracción de polimerización, ya que las partículas grandes disminuyen la movilidad de los monómeros y los radicales libres, produciendo un grado de conversión menor. De esta forma, los materiales con partículas de relleno de menor tamaño, al alcanzar mayores grados de conversión, también inducen una mayor contracción volumétrica.

Los composites con partículas de relleno redondeadas sufren menos contracción que las que tienen forma irregular. Las partículas opacificadoras que se incluyen en el relleno para mejorar su radiopacidad hacen que disminuya el grado de conversión, y con él, la contracción de polimerización.

La contracción volumétrica resultante también depende en gran manera de las propiedades mecánicas del material, en concreto del módulo de elasticidad, su microdureza Knoop y su viscosidad. La microdureza Knoop del material tiene una relación directa con la contracción, estando además relacionada con el módulo de Young y la viscosidad. La viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir, y está relacionada con las interacciones moleculares. (Cabrera, 2012)

3. Velocidad de polimerización o curado

Otro factor que influye en el grado de conversión y por tanto en la contracción de polimerización de las resinas compuestas es la velocidad de polimerización o de curado, que está determinada por la concentración de activadores e inhibidores presentes en su composición. Es aquí donde vemos que, los grados de conversión más altos se consiguen con velocidades de polimerización lentas, ya que cuanto más despacio sucede la reacción, más monómeros consiguen polimerizar. (Cabrera, 2012)

4. Humedad y temperatura

Se ha observado que a una mayor humedad atmosférica se retarda la polimerización y las propiedades mecánicas de las resinas se ven afectadas. De la misma manera, se ha visto que, si aumenta la temperatura aumenta también la

contracción del material, así como la velocidad de la reacción acortándose el tiempo en el que se alcanza el punto de gel.

Concretamente, estos parámetros aumentan significativamente cuando el material polimeriza por encima de 37o C. Además, cuando aumenta la temperatura aumenta el módulo elástico del material, sobre todo en los composites con bajo contenido en relleno. (Cabrera, 2012)

Factores responsables del estrés de contracción

Según Unterbrik y Liebenberg, los factores responsables de estrés según su grado de importancia son los siguientes:

1. Geometría de la cavidad:

La configuración o diseño de la cavidad tiene un gran impacto en los resultados de la fuerza de contracción.

El diseño de la cavidad determina la habilidad del material restaurativo para contraerse libremente.

Según Feilzer y col., el factor de configuración (C) se define como: factor C = superficie con adhesión sobre superficie sin adhesión, es decir, número de superficies adheridas sobre el número de superficies libres.

Clásicamente se pone como ejemplo la figura de un cubo; la figura de un cubo con la tapa abierta puede mostrar cinco superficies iguales a las que se les puede colocar adhesivo y restauración de resina y una superficie libre (tapa abierta) para compensar la contracción de polimerización.

El resultado del factor de configuración sería: $C = 5$ (paredes del cubo unidas con adhesivo) / 1 (superficie del cubo o de resina sin adhesivo) = 5.

Solamente presenta una superficie libre disponible para compensar la contracción de polimerización.

Así, esta configuración puede resultar en un estrés extremadamente alto sobre las interfaces adhesivas.

2. Volumen

En cuanto al volumen, mientras más grande es el volumen de resina compuesta polimerizada mayor será el valor absoluto de contracción. En consecuencia, la fuerza de contracción aumentará produciendo también un incremento del estrés de contracción en la interfase resina-dentina. (Moradas & Álvarez, 2017)

3. Módulo de elasticidad y contracción del material restaurador

El módulo de elasticidad o, en otras palabras, la rigidez parece ser parámetro del material comúnmente ignorado por los dentistas, cuando se habla de contracción. Sin embargo, el estrés es un parámetro crítico el cual decide sobre el éxito o la falta de la interfase adhesiva, donde la contracción no es equivalente al estrés de contracción. De acuerdo con la ley de Hooke el estrés de contracción se calcula de la siguiente forma:

Estrés (fuerza) = Cambio dimensional (contracción) x rigidez (módulo de elasticidad).

Expresado en términos sencillos: la fuerza que actúe sobre las superficies adherentes multiplicado por el módulo de elasticidad.

La contracción es justo la parte de la ecuación. Por eso, mirar la contracción sin mirar la dureza no da ninguna información relevante. La ecuación mencionada es una simplificación o una correcta evaluación del desarrollo dinámico de las propiedades físicas que deben ser tomadas en cuenta. Como se mencionó con anterioridad, la contracción no termina cuando se apaga la lámpara. Después de 30 minutos, sólo el 50-50% del módulo elástico final ha sido desarrollado y sólo el 60% de la fuerza flexional. Lo que indica que, después de terminar la restauración, todavía hay contracción, aunque numéricamente es baja, lo que da lugar a un módulo alto; esto enfatiza el impacto de la rigidez sobre el estrés desarrollado en las paredes de la cavidad. Actualmente, el estrés de contracción no se relaciona con la contracción. Sin embargo, hay una fuerte correlación entre el estrés de contracción y el módulo de elasticidad.

Las resinas con altas cargas de relleno reducen la contracción, sin embargo, incrementan el módulo elástico y la rigidez al mismo tiempo. Por lo que, tanto el módulo de elasticidad como el incremento en la carga de relleno pueden predecir el rango gel máximo estrés de contracción. Considerando la correlación entre un alto módulo de elasticidad y un alto estrés de contracción, parece razonable preferir resinas con bajo módulo elástico. Esto es correcto para las restauraciones que no tienen altas cargas oclusales. Para situaciones de alto estrés oclusal, las resinas con alto módulo elástico son favorables para proveer estabilidad marginal a largo plazo y minimizar la fatiga bajo las cargas. (Moradas & Álvarez, 2017)

Resina termomodificada.

La resina compuesta como agente cementante ha empezado a usarse principalmente en el sector posterior, esto debido a que tienen diferencia de los cementos resinosos, en el alto contenido de relleno, lo que posibilita un mínimo desgaste en la interfase, una de las ventajas que ofrece es la facilidad de limpiar los excesos antes de la polimerización, frente a la técnica convencional con cementos duales. Permiten además rellenar cualquier defecto de la restauración en la preparación mejorando el sellado marginal, al ser el mismo material que se utiliza para la restauración como para cementar, disminuiría la cantidad de interfaces.

Propiedades térmicas:

Son desventajas de esta técnica, posibilidades de yatrogenia pulpar, pues el aumento de la temperatura de la resina precalentada puede comprometer la salud pulpar, sin embargo algunos autores refieren que la resina precalentada se enfría rápidamente, debido a que los tejidos dentarios disipan el calor, por lo tanto, la resina precalentada colocada en la preparación tiene una temperatura ligeramente superior a la resina a temperatura ambiente (Alvarado & Huertas, 2020).

Propiedades mecánicas:

La viscosidad de la resina se reduce con el calentamiento de las resinas, que permite menor formación de espacios en la interfase (gaps) y por tanto mejorando el asentamiento de la restauración, sin modificar las propiedades mecánicas de la polimerización. (Alvarado & Huertas, 2020)

Aumentar la temperatura de la resina antes de la polimerización, aumenta hasta 67% la conversión de monómeros aumenta en 38% la fluidez y reduce la duración de la exposición a la luz en un 75%. Esto es importante considerar, pues la conversión de monómeros de la resina a temperatura ambiente en el medio oral es aproximadamente 48%. (Alvarado & Huertas, 2020)

Alvarado & Huertas (2020) en referencia a Lucey et al (2010) refiere que al comparar la microdureza superficial y profunda de una resina de 1.5mm de grosor a distintas temperaturas (24°C y 60°C), se obtuvo que la microdureza de la restauración a 60°C fue mayor (68,6 y 68,7 VHN) a comparación con la resina a temperatura ambiente (60,6 y 59,0 VHN) en las superficie superior y profunda respectivamente y no se encontró diferencias significativas en la microdureza superficial y profunda. También estos autores compararon la viscosidad entre la resina a 24°C y 60°C, dando como resultado que en 60°C la viscosidad es de 334 Pas, mientras que en 24°C es de 723 Pas.

Propiedades adhesivas:

Son propiedades de los cementos dentales y las resinas precalentadas, la adhesión química, micromecánica o por una combinación de ambas, sellando la interfase restauración- diente, que permiten la unión de las restauraciones indirectas a la estructura dentaria preparada.

Corral et al (2015) citados por Alvarado & Huertas (2020), propusieron la evaluación del sellado marginal en restauraciones indirectas de resina compuesta, cementadas con una resina precalentada a 55°C y un cemento resinoso dual. Los resultados fueron que las restauraciones cementadas con resina termomodificadas tuvieron mejor sellado marginal al compararlas con cemento resinoso dual, siendo la filtración de 5,01% y 15,58% respectivamente.

Resina como agente de cementación.

En 2013, se estudió el efecto de adelgazamiento de composites precalentados, donde describen la disminución de la viscosidad, que cuando se aumenta la temperatura de la resina, propiciando así aplicar la resina precalentada en la preparación y evitando de esta manera que la resina sea manipulada manualmente (Goulart et al, 2013).

Se logra pues una reducción de la contracción del composite de alta viscosidad y compuestos de resina convencionales al termo modificarlos, su grado de conversión se mantiene o aumenta el grado de conversión del monómero el cual este sujeto al material elegido. La disminución de su viscosidad favorece además a mejorar la humectación de las paredes de la preparación cavitaria en contraposición a la resina compuesta a temperatura ambiente (Goulart et al, 2013).

La temperatura es un elemento físico que puede alterar la velocidad de polimerización de los composites, lo cual, al aumentar, apremia su polimerización. Es esperable que aumentar la temperatura de la resina, mejore las propiedades mecánicas mejoren luego de la polimerización, debido a una mayor la movilidad molecular. Sin embargo, no ocurre así en un estudio en el cual las propiedades mecánicas de un composite no mejoraron al precalentarlo a 68°C con comparación a otro que se lo mantuvo a temperatura ambiente.

Las resinas inician siendo un fluido de elevada viscosidad, que transmuta a un compuesto sólido altamente resistente, sin embargo, al aumentar la temperatura del

compuesto resinoso, los hace discurrir con mucha naturalidad y pueden ser curados más rápidos, que evidencia un incremento relevante (entre 8% y 17%) en los valores de conversión conseguidos con la fotopolimerización a 54,5°C, que difieren con en las resinas fotopolimerizadas a la temperatura ambiente (Rodríguez & Pereira, 2008).

El “Estudio comparativo in vitro de la película de cementación en incrustaciones posteriores con cemento de resina dual versus termoplastificadas”, encontraron en la comparación de los cementos que no existió discrepancia estadística significativa en el espesor ($p=0,597$) y homogeneidad ($p=0,940$) en la película de cementación entre los grupos analizados (Escobedo & Rojas, 2017).

En el estudio in vitro titulado “Cementación de restauraciones de cerómero libres de metal con resina restaurativa precalentada. Evaluación del rango de polimerización”, los resultados mostraron una completa polimerización en todas las muestras con grosores menores a 2.6 mm. (Kogan et al, 2006).

Espectroscopia Raman.

Es llamada así, pues fue el físico indio Chandrasekhara Venkata Raman, quien dio nombre al fenómeno inelástico de dispersión de la luz que permite el estudio de rotaciones y vibraciones moleculares, que transformó el entendimiento moderno de la espectroscopia.

Es una técnica que proporciona en pocos segundos la información química y estructural de casi cualquier material o compuesto orgánico y/o inorgánico, se describe como una fotónica de alta resolución, espacial y espectral, permitiendo así la identificación detallada, incluso a materiales en cualquier estado: sólido, líquido o gaseoso (Peláez, 2021).

Principios del efecto Raman

La explicación técnica de la espectroscopia Raman, es que la radiación de alta energía interactúa con la nube de electrones de los enlaces dentro de una molécula. Un haz de luz incidente se dirige a una muestra y los fotones de luz excitan las moléculas a niveles de energía virtual más altos que cualquiera de sus modos de resonancia vibratoria. Seguido de enlaces moleculares que se relajan y liberan energía fototónica. Esta luz reflejada se dispersa de dos maneras: dispersión de Rayleigh y dispersión Raman. La dispersión Raman se puede subdividir a su vez en dispersión Stokes y Anti Stokes (Peláez, 2021).

Esto ocurre cuando la energía de los fotones no se conserva, por lo que los fotones emitidos tienen una frecuencia diferente de la radiación incidente. La diferencia entre cambios de Stokes y Anti-Stokes se conoce como efecto Raman. (Benavides, 2020)

La dispersión de Rayleigh ocurre cuando la relajación de los enlaces moleculares ocurre en el nivel de energía habitual de las moléculas (en una temperatura dada); así, los fotones emitidos tienen la misma energía y, por lo tanto, la misma frecuencia que los fotones que fueron absorbidos, es decir, no hay cambio en la cantidad de energía intercambiada entre los fotones incidentes y las moléculas de muestra (Peláez, 2021).

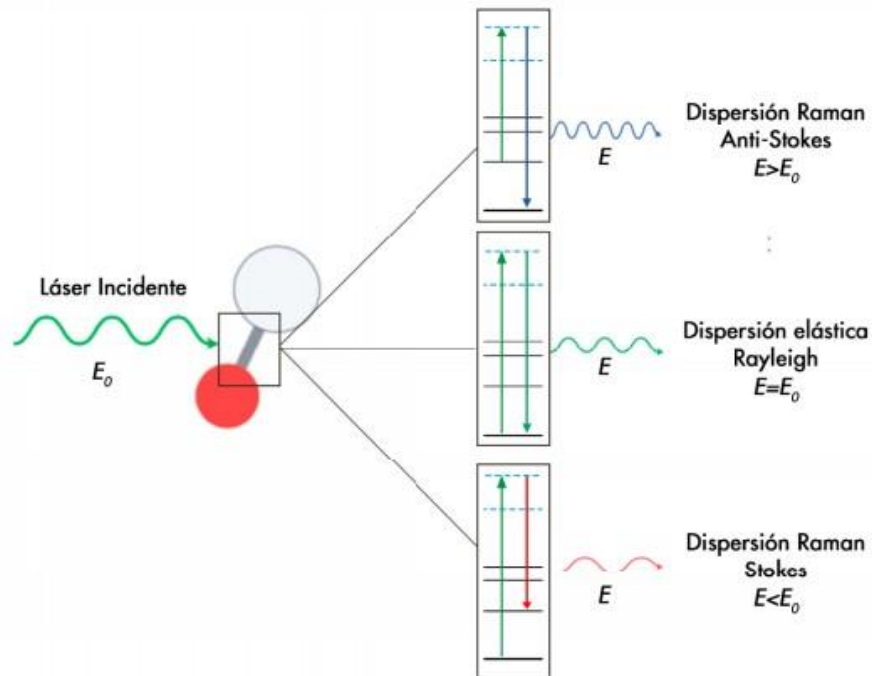


Figura 1. Interacción de la radiación de alta energía con la nube de electrones de los enlaces dentro de una molécula. E_0 : energía del fotón incidente; E : energía de los fotones emitidos. Fuente (Peláez, 2021).

ESTUDIOS RELACIONADOS

García & Blandón (2018) en su investigación “Grado de polimerización de resina precalentada utilizada para cementación en especímenes de composite a diferentes espesores en el periodo octubre - diciembre 2018”, concluyeron que el grado de conversión de las resinas Filtek Z350 analizadas como agente cementante es aceptable conforme a la literatura científica consultada cuando se utilizó en discos de espesor de 2mm; mostrando este una diferencia estadística significativa al disminuir en el grado de conversión de resina precalentada en especímenes de 4mm y una disminución más marcada en los discos de 6mm. Obteniendo en este último grupo, valores del grado de conversión no aceptables con respecto a la bibliografía consultada.

Magne, Razaghy, Carvalho & Soares (2018) en su estudio “Luting of inlays, onlays, and overlays with preheated restorative composite resin does not prevent seating accuracy”, refieren estar claramente a favor del uso de materiales restauradores precalentados como agente de fijación para inlays, onlays y overlays. Además, existen ventajas claras y prácticas de usar resina compuesta precalentada sobre los cementos de resina tradicionales como la facilidad de eliminación del exceso debido a la consistencia firme y el tiempo de trabajo ilimitado hasta la polimerización ligera.

Por su parte Palacio (2014) en el estudio sobre “Evaluación de la resistencia flexural de resinas compuestas precalentadas utilizadas como agente cementante en restauraciones indirectas” concluyeron que el proceso de precalentar disminuye su viscosidad y mejora su capacidad para fluir. Al comparar los resultados obtenidos entre grupos de estudio se observó que la resina que se precalentó durante 60 minutos presentó mejor resistencia flexural. La resina precalentada utilizada como agente cementante de restauraciones indirectas puede ser usada posteriormente como material restaurador directo, pues a través de la prueba de resistencia se determinó que la resina compuesta precalentada presenta mejor resistencia a la flexión que la resina compuesta sin precalentar.

El estudio “Microhardness of light- and dual-polymerizable luting resins polymerized through 7.5-mm-thick endocrowns”, realizado por Gregor et al (2014). Revelan que en condiciones in vitro, los valores de microdureza Vickers del cemento de resina polimerizable dual y la resina compuesta restauradora fotopolimerizable irradiados durante 3×90 segundos con una lámpara de diodo emisor de luz de alta irradiancia a través de 7,5 mm de espesor. Las endocrowns alcanzaron al menos el 80% de los valores de microdureza de control Vickers, lo que significa que ambos materiales pueden polimerizarse adecuadamente cuando se utilizan para cementar restauraciones indirectas gruesas.

Acquaviva et al (2009) en el estudio Grado de conversión de tres composites empleado como material de cementación en resinas indirectas a través de analisis Raman, refieren que el grosor de la restauración afecta el grado de conversión del material cementante, para los cementos de curado dual y de composite fotopolimerizable no se logró un completo grado de conversión a mayores espesores. Grosos de 3 a 4 mm afecta el grado de conversión del cemento.

IV. DISEÑO METODOLOGICO

1. Tipo de estudio:

El estudio fue experimental in vitro.

2. Área de estudio:

El estudio fue llevado a cabo en el Laboratorio de Posgrados de la Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica UCR.

La Facultad de Odontología de la Universidad de Costa Rica se encuentra ubicada en Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San Pedro, Monte de Oca. San José, Costa Rica.

3. Población de estudio:

12 discos de resina de 2, 4 y 6 mm.

4. Muestra

Por conveniencia, se consideraron de manera arbitraria 12 discos, pues la literatura refiere un mínimo de diez unidades para las valoraciones in vitro.

5. Muestreo

No probabilístico

6. Unidad de análisis:

La unidad de análisis y observación fue cada disco de 2, 4 y 6 mm de resina.

7. Criterios de inclusión:

- Bloques de composite Brilliant Crios de Coltene, color A3 de 2, 4 y 6 mm de espesor y 1.5 mm de diámetro que a la observación se encontraran en estado aceptable al considerar profundidad ni errores observables.

8. Criterios de exclusión:

- Se eliminaron del estudio los bloques de resina que sin la profundidad deseada.
- Se excluyeron a los bloques de resina que presentaron grietas, burbujas de aire o que al momento de retirarse de los moldes de teflón se fracturaron.

9. Recolección de la información:

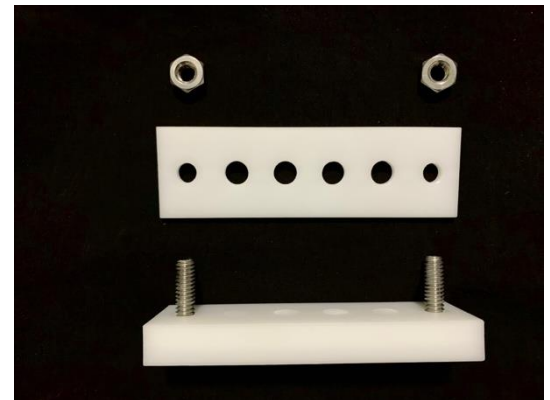
Instrumento para la recolección de datos.

Para la recolección de datos se confeccionó una ficha recolectora de datos de acuerdo con los objetivos del estudio (anexo).

a. Preparación de los moldes de teflón:

Se diseñó un molde de teflón compuesto por dos partes independientes; la parte inferior se utilizó como base, esta base no tenía perforaciones en el medio y a sus extremos se prepararon dos perforaciones para introducción de pines metálicos.

A este molde inferior, se adaptó la parte superior que contenía 6 perforaciones; 4 de estas perforaciones ubicadas en el centro con un diámetro de 1.5 mm cada una separadas por un espacio de 2mm entre ellas; las otras 2 perforaciones a sus extremos se ocuparon para fijación de los pines metálicos.



El molde superior que se adaptó a la base estaba compuesto por 4 espacios, cada espacio tenía una misma profundidad (2, 4, 6 mm) y un perímetro de 6mm detalladas de la siguiente forma:

- Profundidad de 2 mm; un molde para los bloques de resina maquinada de 2mm.
- Profundidad de 4mm, un molde para los bloques de resina maquinada de 4mm.
- Profundidad de 6mm, un molde para los bloques de resina maquinada de 6mm.



b. Digitalización de los dados de Trabajo:

Con los moldes de teflón ya preparados se procedió al escaneo de los modelos para diseñar los cilindros de Resina maquinada con los diferentes grosores establecidos; dejando como espaciador la medida de 50 micra, en el cual la resina termomodificada cumplirá su función como agente cementante.

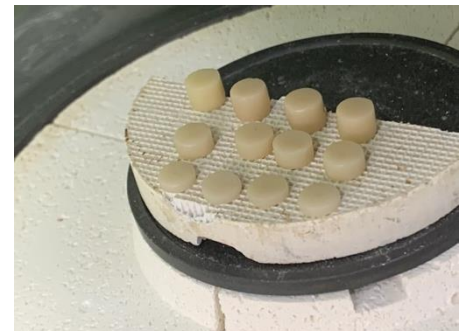
Posterior a esto se colocó en la maquina Sirona inLab MC X5, los bloques de composite Brilliant Crios de Coltene color A3 para el diseño, fresado y obtención de los dados de trabajo.



Se obtuvieron:

- Dados de 2mm de grosor: 4 dados de Resina maquinada.
- Dados de 4 mm de grosor: 4 dados de Resina maquinada.
- Dados de 6mm: 4 dados de Resina maquinada.
- Para un total de 12 dados que se utilizaron para simular la restauración que será cementada con la resina precalentada.

Ya elaborados los modelos de teflón y los dados de resina , se prosigue a la compra de la resina fotocurable que se ocupó para el estudio Hri Micerium , color UD3 tubo de 2.5 gramo.



Calentados en un calentador de resina marca Ena Heat Micerium con el siguiente protocolo de trabajo:

Se consiguieron 3 tubos de resina vacíos que se ocuparon para poner porciones de 2mm de resina, estos tubos de resina se colocaron en el calentador de resina a una temperatura de 60° celcius 20 minutos antes de ser utilizados para cementar los dados tanto de resina.

Procedimiento de cementación de los especímenes:

Uno de los investigadores se encargó de armar el molde de teflón, encima de la parte inferior se colocó una banda de celuloide para evitar que cuando se fotocuró la resina precalentada no quede unida a la parte inferior del teflón.

El proceso de cementación de cada espacio de cada molde de teflón se realizó de manera independiente para los dados de resina.

Primero se colocó el tubo de resina con una porción de 2mm al calentador de resina 20 minutos antes de la cementación, una vez paso los 20 minutos, se procedió a sacar el tubo de resina del calentador con una espátula de resina se toma la porción de la resina y se introdujo en el interior del primer orificio de la parte superior del modelo de teflón inmediatamente se colocó el dado y se hizo digito presión hasta hacer que el dado de resina o porcelana estuviera al mismo nivel que la superficie superior de la parte superior del teflón, se procedió a eliminar exceso y se fotocura con una lámpara led, Elipar™ deepcure-L, 3M, por 90 segundos con una intensidad de 1200 mw/cm² para cada espécimen. Este procedimiento se repitió de manera individual para cada uno de los 12 orificios.

A continuación, se separó la parte inferior de la parte superior del molde de teflón, se retiró la lámina de celuloide y se procede al análisis del agente cementante que queda en la parte inferior del dado.

Análisis del grado de conversión por espectroscopia Raman:

Segundo operador solo tenía 1 minuto para montar la muestra en el soporte universal y hacer los ajustes iniciales. Por lo tanto, la colección de espectros Raman estará programada para comenzar a 1 minuto después del curado.

Este equipo de espectroscopia ProRaman-L, HR4000, Ocean Optics, Dunedin, FL, Estados Unidos.

10. Fuentes de información

Primaria

11. Aspectos éticos

Tal como lo refiere la declaración de Helsinki, no fueron considerados aspectos éticos por ser un experimento con materiales de uso comercial, y se declara sin exposición a sujetos humanos ni animales.

12. Procesamiento de datos:

Cada ficha recolectada fue introducida en una base de datos del programa estadístico SPSS versión 24 para Windows, del que se obtuvieron los estadísticos descriptivos e inferenciales. Se realizó análisis descriptivo, calculo de varianza total y varianza entre grupos a través de ANOVA de una via. Como comprobación se utilizó la prueba de ajuste de residuos tales como pruebas post hoc.

V. RESULTADOS

Tabla 2

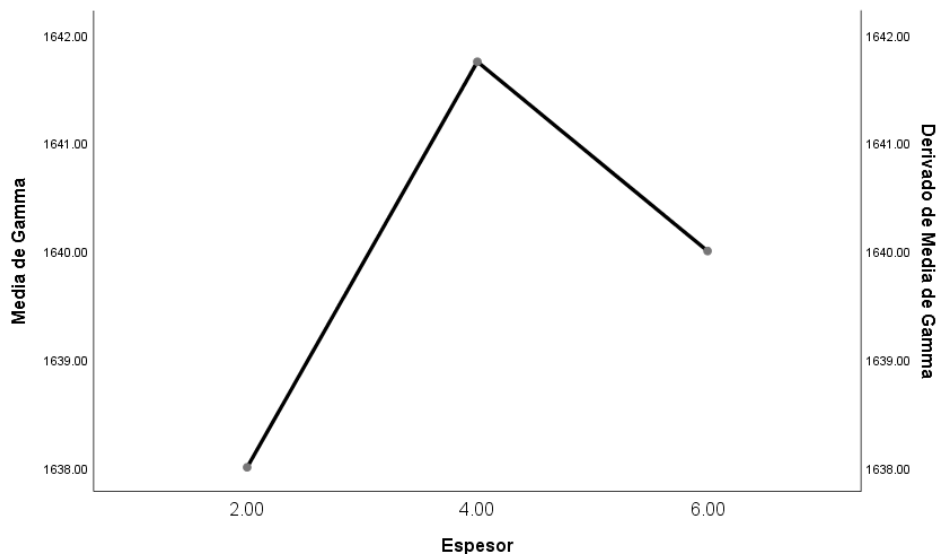
Promedio del grado de conversión de las muestras en resina

Espesor	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Desviación
2 mm	1638.0	1637.0	1639.0	0.81650
4 mm	1641.7	1639.0	1645.0	2.50000
6 mm	1640.0	1638.0	1643.0	2.16025

El promedio del grado de conversión obtenido del análisis Gamma en resina representado en las 3 medidas para cada grupo; demuestra variabilidad observando promedio de 1638.0 para (2 mm), aumentando a 1641.7 para (4 mm) y disminuye en 1640.0 para (6 mm). Observando que las muestras presentan una relación inversamente proporcional al espesor de los especímenes de resina (a mayor grosor menor grado de conversión).

Figura 1

Correlación entre grado de conversión y espesor de las muestras en resina



Los análisis demuestran que el grupo 1 mantiene un grado de conversión similar, en cambio los grupos 2 muestra un aumento y el grupo 3 se observa una disminución en el grado de conversión en las muestra 6 mm de espesor. No se encontró en la correlación un comportamiento exponencial entre variables, sin embargo es notorio que el mayor dato de espectroscopia Raman, se encontró en el espesor de 4mm.

Tabla 2*Análisis ANOVA de una vía*

Gamma					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	28.167	2	14.083	3.647	.069
Dentro de grupos	34.750	9	3.861		
Total	62.917	11			

Para el análisis se utilizó la prueba ANOVA de una vía, encontrando que no existe diferencia estadísticamente significativa cuando se compara el grado de conversión entre los grupos de estudio ($P=0,069$).

Tabla 3

Análisis Post-Hoc HSD Tukey entre grupos

Variable dependiente: Gamma						
T3 Dunnett						
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
Grosor	Grosor				Límite inferior	Límite superior
2 mm	4 mm	-3.75000	1.38944	.058	-7.6293	.1293
	6 mm	-2.00000	1.38944	.363	-5.8793	1.8793
4 mm	2 mm	3.75000	1.38944	.058	-.1293	7.6293
	6 mm	1.75000	1.38944	.451	-2.1293	5.6293
6 mm	2 mm	2.00000	1.38944	.363	-1.8793	5.8793
	4 mm	-1.75000	1.38944	.451	-5.6293	2.1293

Se realizó un análisis Post-Hoc Tukey para verificar la relación entre las muestras. El cual corrobora la existencia de diferencias significativas ($P=0.05$) entre los grupos de 2 mm y 4 mm ($P=0.05$), y no se observa diferencia significativa cuando se compara los grupo de 2 mm y 6 mm, así como 4 mm y 6 mm.

Tabla 4*Estadísticos de grupo resinas de 2 y 4 mm*

	Grupo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Gamma resina	2 mm	4	1638.0 000	.81650	.40825
	4 mm	4	1641.7 500	2.50000	1.25000

En esta tabla se observa el promedio registrado en los especímenes de 2 y 4mm, se puede observar que son resultados muy similares en cada grupo.

Tabla 5*Prueba de muestras independientes resinas 2 y 4 mm*

		Prueba de prueba t para la igualdad de medias								
		Levene de igualdad de varianzas								
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
Gamma resina	Se asumen varianzas iguales	2.500	.165	-2.852	6	.029	-3.75000	1.31498	-6.96763	-.53237
	No se asumen varianzas iguales			-2.852	3.633	.052	-3.75000	1.31498	-7.55121	.05121

Asumiendo varianzas iguales, se encontró que no hubo significancia estadística considerando la prueba de Levene, debido a que la muestra es menor de 30 unds.

Como la significancia es mayor de 0.05 significa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grosor de 2 a 4 mm.

Tabla 6*Estadísticas de grupo resinas de 4 y 6 mm*

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. promedio	Error
Gamma	4 mm	4	1641.7500	2.50000	1.25000	
resina	6 mm	4	1640.0000	2.16025	1.08012	

En esta tabla se presenta la media obtenida de la espectroscopia Raman en el grupo de 4 y 6 mm, mostrando que los rangos de valor entre sí, son similares a los reportados en el grupo anteriores.

Tabla 7

Prueba de muestras independientes resinas 4 y 6 mm

Prueba de muestras independientes										
Prueba de prueba t para la igualdad de medias										
Levene de igualdad de varianzas										
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Gamma resina	Se asumen varianzas iguales	.065	.807	1.059	6	.330	1.75000	1.65202	-2.29234	5.79234
	No se asumen varianzas iguales			1.059	5.876	.331	1.75000	1.65202	-2.31305	5.81305

Como la significancia es mayor de 0.05 significa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grosor de 4 a 6 mm

Tabla 8

Estadísticas de grupo resinas de 2 y 6 mm.

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desv. Desviaci ón	Desv. promedio	Error
Gamma	1.00	4	1638.0000	.81650	.40825	
resina	3.00	4	1640.0000	2.16025	1.08012	

En esta tabla se muestra una diferencia de 2 unidades entre los valores registrados en 2 respecto a 6 mm.

Tabla 9

Prueba de muestras independientes resinas 2 y 6 mm

		Prueba de prueba t para la igualdad de medias								
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Gamma resina	Se asumen varianzas iguales	2.000	.207	-1.732	6	.134	-2.00000	1.15470	-4.82545	.82545
	No se asumen varianzas iguales			-1.732	3.840	.161	-2.00000	1.15470	-5.25934	1.25934

Como la significancia es mayor de 0.05 no hay evidencia para decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre el grosor de 2 a 6 mm.

Tabla 10*Estadísticos descriptivos comparativos entre resina de distintos grosores.*

Gamma Resina							
N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
2 mm	1638.00	.816	.408	1636.70	1639.30	1637	1639
4 mm	1641.75	2.500	1.250	1637.77	1645.73	1639	1645
6 mm	1640.00	2.160	1.080	1636.56	1643.44	1638	1643
Total	1639.91	1.8253	0.912667	1637.01	1642.823	1638	1642.3

Los análisis demuestran que el grupo 1 (2 mm en resina) mantiene un grado de conversión similar, en cambio los grupos 2 (4 mm en resina) aumenta y grupo 3 (6 mm en resina), en promedio según el grado de conversión.

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En el presente estudio se encontró que, al comparar las medidas del grado de conversión de la resina en grosores de 2, 4 y 6 mm existía diferencia de medias y al llevar a cabo los análisis estadísticos, se comprobó que la significancia es menor de 0.05, por tanto, se puede inferir los resultados son estadísticamente significativos para los grosores de 2 y 4 mm de importancia clínica, no así con el de 6 mm.

Estos resultados son similares a lo reportado por Roncal (2019) en Chiclayo, Perú, donde esta autora compara el grado de conversión al instante y a las 24 horas entre varios cementos resinosos con resina precalentada de 2 y 4 mm y reporta resultados estadísticamente significativos para ambos materiales con un buen grado de conversión en cada tiempo. Es importante destacar que esta autora utilizó la resina Palfique LX5, Tokuyama, y encontró grados de conversión similares para discos de resina de 2 y 4 mm, al igual que en el presente estudio, en la que se utilizó la resina Micerium de HRI.

Así mismo, al comparar estos resultados con lo encontrado por García y Blandón (2018), respecto a los grosores de resina de 2 mm, ya que cumplen con lo establecido con la literatura científica hasta el momento, sin embargo no coincide con los hallazgos para los discos de resina de 4 mm, porque estos autores encontraron que no había significancia estadística y en el presente estudio se encontró que si existía un grado de conversión similar al encontrado en los discos de 2 mm, esto deja abierta una línea de investigación donde se estudie a mayor profundidad las características de las resinas de este grosor; cabe resaltar que la resina utilizada por García y Blandón (2018) utilizaron 3M Filtek 350 y en el presente estudio se utilizó resina Micerium, también las diferencias pueden darse por el tiempo en que se realizaron las pruebas del grado de conversión en la espectroscopia Raman, ya que en el presente estudio se revisó al minuto posterior a la fotopolimerización y en estudio de los autores antes citados fue revisado a las 24 horas. No obstante, se encontró coincidencia en los discos de 6 mm

evidenciándose en ambos estudios que el grado de conversión de la resina no es aceptable.

Tampoco se encontró coincidencia con los resultados de Acquaviva et al., (2009) ya que estos autores evidenciaron que el grosor de la restauración afecta el grado de conversión del material cementante, para los cementos de curado dual y de composite fotopolimerizable no se logró un completo grado de conversión a mayores espesores. Grosos de 3 a 4 mm afecta el grado de conversión del cemento y en la presente investigación los especímenes de 4 mm recibieron el mismo grado de conversión del material cementante que los de 2 mm sin mostrar diferencias estadísticamente significativas.

Si bien en este estudio se buscaba entender el grado de conversión de la resina termoplastificada encontrando su utilidad en especímenes de resina de 2 y 4 mm con resultados estadísticamente significativos de importancia clínica, tiene relevancia compararlo con los hallazgos de Escobedo y Rojas (2017), ya que estos autores compararon cementación de incrustaciones posteriores con cementos de resina dual versus termoplastificadas y los resultados alcanzados en la comparación de los cementos antes descritos revelaron que no existe discrepancia estadística significativa en el espesor ($p=0,597$) y homogeneidad ($p=0,940$) en la película de cementación entre los grupos analizados, es decir, que ambos cementos tienen la misma aplicabilidad clínica.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que:

1. La resina termomodificada como agente cementante para especímenes de resina maquinada de 2 y 4 mm, a pesar de que tienen grado de conversión muy similar en promedio, se encontró diferencias significativas entre los grupos.
2. La resina termomodificada como agente cementante para especímenes de cerámica maquinada de 2, 4 y 6 mm presentaron dos unidades de diferencia entre los promedios registrados en el grado de conversión, con significancia estadística.
3. Existen diferencias estadísticamente significativas en el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante entre los especímenes de composite en los diferentes grosores.

VII. RECOMENDACIONES

A LOS PROFESIONALES DE LA ODONTOLOGIA:

Considerar el uso de la resina termomodificada en sus tratamientos restaurativos debido a sus características de trabajo clínico y capacidad de absorción de energía a través del material de resina.

Las variaciones en el grosor de la resina no son importantes de considerar al utilizar los productos reproducidos en este experimento.

Es importante continuar líneas de investigación experimentales, con materiales de uso cotidiano en odontología restaurativa y estética para obtener un mejor entendimiento del comportamiento y generar datos importantes en el conocimiento de esta materia.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acquaviva, P., Cerutti, F., Adami, G., Gagliani, M., Ferrari, M., Gherlone, E., & Cerutti, A. (2009). Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: A micro- Raman analysis. Elsevier, 610-615.
- Aggarwal, V., Logani, A., Jain, V., & Shah, N. (2008). Effect of Cyclic Loading on Marginal Adaptation and Bond Strength in Direct vs Indirect Class II MO Composite Restorations. Operative Dentistry, 587- 592.
- Alvarado, G., & Huertas, G. (2020). Resina precalentada como agente cementante: Una revisión del tema. Revista CES Odontología, 159-174.
- Benavides, C. (2020). Influencia de las técnicas espectroscópicas y el método de análisis en la estimación del grado de conversión de diferentes composites Bulk-Fill. Granada: Universidad de Granada.
- Cabrera, E. (2012). La influencia de la contracción de polimerización de las resinas compuestas en la distribución de las propiedades mecánicas de la interfase adhesiva. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Carillo, C., & Monroy, M. (2009). Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Revista Asociación Dental Mexicana, 10-17.
- Cubias, A., & Escobar, I. (2003). Uso y manejo de resina de microrelleno por odontólogos de práctica privada en la Urbanización La Esperanza, Zona Metropolitana de San Salvador, durante el periodo de noviembre a diciembre del 2002. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Cuevas, C. (2010). Resina polimerizada por apertura de anillos, nueva posibilidad de material compuesto en odontología. San Agustín Tlaxiaca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- D'Arcangelo, D. A., Vadini, M., & D'Amario, M. (2012). Clinical evaluation on porcelain laminate veneers bonded with light-cured composite: results up to 7 years. *Clin Oral Invest*, 1071-1079.
- Dukic, W., Dukic, O., Milardovic, S., & Delija, B. (2010). Clinical Evaluation of Indirect Composite Restorations at Baseline and 36 Months After Placement. *Operative Dentistry*, 156-164.
- Escobar, M. (2016). Pigmentación superficial provocada por bebidas ácidas, dulces y gaseosas; sobre composite nanohíbridas con y sin pulido (Estudio in-vitro). Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Escobedo, R., & Rojas, J. (2017). Estudio comparativo in vitro de la película de cementación en incrustaciones posteriores con cemento de resina dual versus termoplastificadas. Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello.
- Garcia, F., & Blandón, S. (2018). Grado de polimerización de resina precalentada utilizada para cementación en especímenes de composite a diferentes espesores en el período octubre - diciembre 2018. León.
- García, F., & Blandón, S. (2018). Grado de polimerización de resina precalentada utilizada para cementación en especímenes de composite a diferentes espesores en el período octubre - diciembre 2018. León: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
- Goulart, M., Damin, D., Melara, R., & Conceicao, A. (2013). Effect of pre heating composites on film thickness. *Journal of Research in Dentistry*, 274- 280.
- Gregor, L., Bouillaguet, S., Onisor, I., Ardu, S., Krejci, I., & Rocca, G. (2014). Microhardness of light- and dual-polymerizable luting resins polymerized through 7.5-mm-thick endocrowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 942- 948.
- Hervás, A., Martínez, M., Cabanes, J., Barjau, A., & Fos, P. (2006). Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 215-220.

- Macorra, J. (1999). La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. *Odontología Conservadora*, 24-35.
- Magne, P., Razaghy, M., Carvalho, M., & Soares, L. (2018). Luting of inlays, onlays, and overlays with preheated restorative composite resin does not prevent seating accuracy. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 318-332.
- Montalvo, S. (2020). Uso de resina precalentada como agente cementante en restauraciones indirectas. *Revisión de la Literatura*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Moradas, M., & Álvarez, B. (2017). Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. *Revisión bibliográfica. Avances en Odontoestomatología*, 263-274.
- Once, D. (2017). Resistencia a la fuerza de compresión: resina nanohíbrida y nanoparticulada. Estudio in vitro. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Palacio, C. (2014). Evaluación de la resistencia flexural de resinas compuestas precalentadas utilizadas como agente cementante en restauraciones indirectas. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Palacio, M., & Córdoba, N. (2014). Evaluación de la resistencia flexural de resinas compuestas precalentadas utilizadas como agente cementante en restauraciones indirectas. Quito.
- Peláez, J. (21 de Marzo de 2021). Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de Modelo teórico-experimental del efecto Raman aplicado a la identificación de pigmentos:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12047/Modelo_teorico-experimental_del_efecto_Raman_aplicado_a_la_identificacion_de_pigmentos.pdf;sequence=1
- Restrepo, J. (2014). Influencia del espesor de tres resinas compuestas translúcidas de diferente tonalidad sobre la luminosidad. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

- Rodríguez, D., & Pereira, N. (2008). Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana*.
- Romero, R. (2019). Microfiltración en el sellado marginal de restauraciones indirectas clase II utilizando cementos dual y termomodificado. Estudio in vitro. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Uctasli, M., Arisu, H., Lasilla, L., & Valittu, P. (2008). Effect of Preheating on the Mechanical Properties of Resin Composites. *Eur J Dent* , 2: 263-268.
- Yang, J., Raj, J., & Sherlin, H. (2016). Effects of Preheated Composite on Micro leakage- An in-vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, vol-10(6): ZC36-ZC38.
- Zambrano, M. (2020). Uso de la resina compuesta precalentada como agente cementante en restauraciones indirectas: Revisión de Literatura. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Objetivo específico	Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Fuente	Tipo	Prueba
Medir el grado de conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante en especímenes de resinas maquinada de 2, 4, 6 mm de espesor.	Grado de conversión	Medida de el porcentaje de enlaces dobles de carbono (C=C) convertidos en enlaces simples (C-C)	Efecto Raman	Numero obtenido por el aparato	Experimento in vitro	Cuantitativa	Media
Comparar conversión de la resina termomodificada utilizada como agente cementante entre los especímenes de resinas a diferentes grosores.	Grupos	Diferencias registradas entre los grupos especímenes de cerámica	Estadística	Registrado en la ficha de recolección de datos.	Experimento in vitro	Cuantitativa	ANOVA de 1 via Post hoc Prueba de Levene

ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Registro de observación de experimentación in vitro.

n°	Grosor especimen	Cuantificación espectrometria	Registro fecha