



## Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación

Miriam Marín-Miranda,\* Leticia Orozco-Cuanalo,\* Jorge Fernández-Hernández,\*  
María Lilia Adriana Juárez-López\*

\* Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

### RESUMEN

**Introducción:** las resinas compuestas son materiales muy utilizados en los que se continúa la investigación para disminuir la contracción que es la principal causa de su fracaso. **Objetivo:** comparar el estrés por polimerización de tres diferentes técnicas de obturación de resinas dentales y tipos de resina, por medio de fotoelasticidad. **Material y métodos:** se realizaron 33 placas de resina fotoelástica con una cavidad circular en el centro de 7 mm de diámetro, se obturaron dichas cavidades con resina por la técnica en bloque, pared por pared, de incrementos oblicuos y se polimerizaron. Una hora después se colocaron las muestras en el polariscopio, fueron fotografiadas y medidas. Se realizó análisis estadístico con las pruebas Kolmogorov-Smirnov, ANOVA y *post hoc* Tukey, en el programa SPSS V.22 IBM. **Resultados:** el 100% de las muestras presentan contracción por polimerización. Todas expresan isocromas en la resina fotoelástica. La técnica en bloque mostró los resultados más bajos de contracción, el 40% de las muestras presentaron sólo la primera banda isocromática correspondiente al valor más bajo de estrés. **Conclusión:** el uso de las resinas para la técnica en bloque reduce el estrés en las paredes cavitarias.

**Palabras clave:** obturación en bloque, fotoelasticidad, contracción por polimerización.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los materiales más utilizados en odontología son las resinas compuestas, también son de los materiales que han sufrido más modificaciones con la finalidad de conseguir propiedades físicas similares al esmalte y a la dentina. Las resinas están constituidas

por una base polimérica; para su reacción química de endurecimiento recurren al proceso de polimerización, en el que la unión de cada monómero supone su acercamiento. Por tanto, en diferentes proporciones, sufren la contracción inherente a la formación de cadenas poliméricas, llamada contracción por polimerización.<sup>1</sup> Por la naturaleza cerámica del esmalte y la dentina es necesaria la formación de microcavidades en los túbulos dentinarios para generar la unión. En ellas se aloja otro material de base polimérica: el adhesivo dental, que funciona como el nexo de unión entre la estructura dental y la resina.<sup>2</sup> Al existir la unión a la estructura del diente y contracción de los polímeros, la pared unida sufre estrés; mismo que es causa del fracaso de la restauración y dolor postoperatorio. Por esta razón, muchos investigadores y clínicos centran la atención en las técnicas de colocación, polimerización y en los diferentes materiales, pues se ha demostrado que las variaciones de éstos pueden resultar en la reducción de los efectos de la contracción y así ofrecer un mejor pronóstico de los tratamientos que involucran el uso de resinas compuestas.

### Técnicas de colocación de resinas compuestas dentales

**Técnica incremental.** Consiste en crear la restauración, agregando capas de resina de grosor menor a 2 mm, fotoactivando una capa antes de la siguiente. Esta técnica propone que se logra una mejor polimerización al realizarlo por cada capa, por lo que se reduce el efecto de la contracción por polimerización, bajo el principio de que «la contracción por polimerización es directamente proporcional al volumen de la resina».<sup>3</sup>

**Técnica incremental oblicua.** En esta técnica se adicionan pequeñas porciones también de menos de 2 mm, pero desde una pared a la opuesta, cada porción se conforma en triángulos formados por el piso y la pared en contacto; al realizar la fotopolimerización

Recibido: Octubre 2020. Aceptado: Enero 2022.

**Citar como:** Marín-Miranda M, Orozco-Cuanalo L, Fernández-Hernández J, Juárez-López MLA. Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 41-50.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

ésta puede irradiarse de forma directa o a través de las paredes de la cavidad.<sup>4</sup>

**Técnica pared por pared.** Es otra variación de la técnica incremental con la misma condición en cuanto al grosor, pero las capas son colocadas en un orden específico: el primer incremento se coloca en una de las paredes sin tocar las otras y se realiza el proceso de fotopolimerización; después se lleva otra porción de resina a la pared opuesta, de igual manera sin tocar la anterior. Y así sucesivamente hasta cubrir todas las paredes y el piso; cada capa es polimerizada durante 20 segundos con una intensidad mayor a  $1,000 \text{ mW/cm}^2$ .<sup>5</sup>

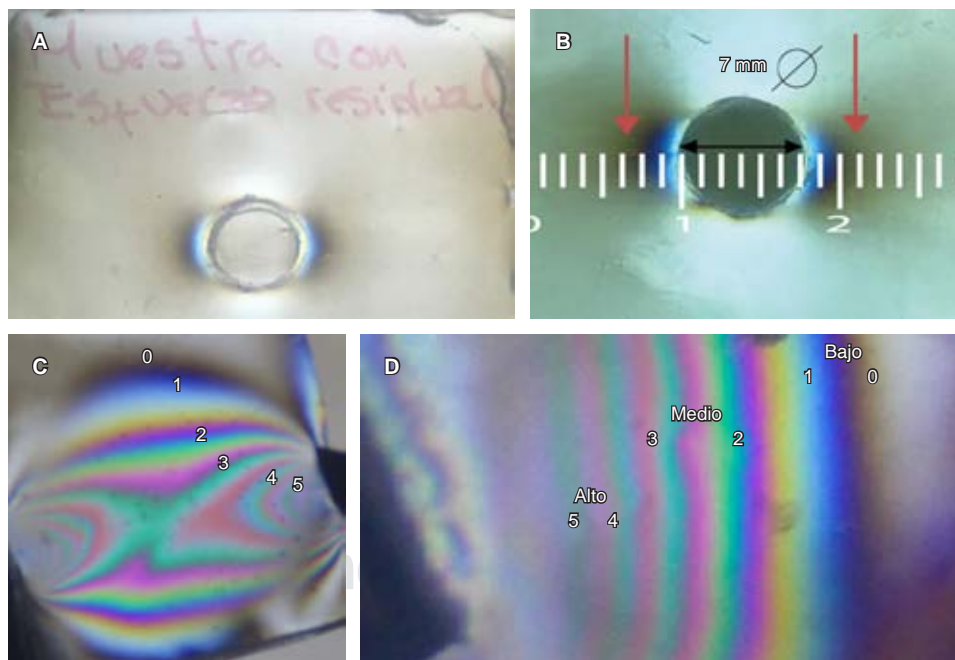
**Técnicas en bloque.** Las técnicas de aplicación en incrementos únicos también son conocidas como «en bloque o *Bulk-Fill*», se dice que son más simples, rápidas y prácticas, porque se reduce el número de pasos clínicos. La resina compuesta del sistema en bloque fue creada con el objetivo de alcanzar incrementos de hasta 4 mm, disminuir el efecto de contracción y reducir la cantidad de vacíos dentro de los incrementos. Para poder realizar incrementos de 4 mm de profundidad, se debe de utilizar la luz de polimerización con

una intensidad mayor a  $1,000 \text{ mW/cm}^2$  por un tiempo mínimo de 20 segundos.<sup>6</sup>

La investigación y desarrollo de este tipo de tecnología cada vez ha sido mayor. Según Furness,<sup>7</sup> la utilización de un incremento de 4 mm con la resina para sistema *Bulk-Fill* no presentó diferencias significativas en comparación con las resinas compuestas convencionales en cuanto al porcentaje de polimerización. Por otro lado, Czasch<sup>8</sup> investigó el grado de conversión de las resinas colocadas en incrementos de 4 y 2 mm sin encontrar diferencias significativas. Si bien se han reportado muchos estudios sobre las resinas en bloque, no existe evidencia contundente de su ventaja o desventaja.

### Fotoelasticidad

La fotoelasticidad es una técnica óptica que consiste en que al observar un cuerpo de material birrefringente, sometido a estrés a través de luz polarizada, éste expresa líneas de concentración de esfuerzo llamadas isocromas. Mismas que se expresan a causa de diferencias en el índice de refracción dentro del





**Figura 1:** **A)** Muestra eliminada por presentar esfuerzo residual debido al proceso de fabricación. **B)** Medición de las muestras tomando en cuenta un diámetro de 7 mm, las flechas indican hasta dónde termina la banda más oscura tomada para la medición izquierda y derecha. **C)** Escala de fotoelasticidad. **D)** Codificación del nivel de estrés, según las isocromas presentes.

**A)** Sample eliminated because of residual stress due to the manufacturing process. **B)** Measurement of the samples considering a diameter of 7 mm, the arrows indicate up to the end of the darkest band taken for the left and right measurement. **C)** Photoelasticity scale. **D)** Stress level coding, according to the present isochromes.

**Tabla 1:** Descripción de los grupos, selección aleatoria de los moldes de resina fotoelástica y descripción gráfica de las técnicas de obturación de la resina dental.

*Description of the groups, random selection of the photoelastic resin casts, and graphic description of the dental resin filling techniques.*

Grupo y muestra	Descripción del llenado	Tiempo de curado
1. Técnica de llenado en bloque (B) 8, 9, 12, 16, 18, 20, 21, 25, 26, 27, 30		40 segundos
2. Técnica de incrementos pared por pared (PP) 3, 4, 10, 13, 19, 22, 23, 28, 29, 31, 32		20 segundos por incremento
3. Técnicas de incrementos oblicuos (I) 1, 2, 5, 6, 7, 11, 14, 15, 17, 24, 33		20 segundos por incremento

cuerpo del material según las tensiones recibidas. Cada una de las líneas se expresa en distintos colores y grosores, mismos que se han asociado a un valor de esfuerzo, lo que indica la presencia de diferente magnitud del esfuerzo. Así también, se expresan en zonas diferentes del material dirigida en diferentes direcciones.<sup>9</sup>

En odontología, esta técnica ha sido aplicada para analizar los esfuerzos generados en las paredes de las cavidades dentales asociados a la contracción por polimerización que se genera en las resinas compuestas.<sup>10</sup> El objetivo de la presente investigación es comparar el estrés por polimerización de tres diferentes técnicas de obturación de resinas dentales, por medio de la fotoelasticidad, para determinar cuál de las técnicas genera menos estrés a las paredes de la preparación.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio experimental, cuya muestra incluyó un total de 33 moldes de resina epóxica que se numeraron y repartieron aleatoriamente en tres grupos (n = 11). Mismos que se obturaron con muestras de resina usando tres técnicas diferentes: Grupo 1. Técnica en bloque con resina *Tetric N-ceram Bulk-Fill IV* Ivoclar. Grupo 2. Técnica por incrementos pared por pared con resina *Z250 XT Nano Hybrid 3M*. Grupo 3. Técnicas de incrementos oblicuos con resina *Z250 XT Nano Hybrid 3M*.

La preparación de los moldes de resina fotoelástica consistió en matrices de silicona; se realizaron moldes cuadrados de 5 x 5 x 4 mm, al centro con una cavidad circular de 7 mm de diámetro y 2.5 mm de profundidad. Se vaciaron en resina epóxica *Cristal Líquido AWS 520* de Epolyglas México. El orificio de un lado del molde quedó cerrado con la misma resina y del contrario completamente libre. Antes de la prueba,

se verificó que no existieran líneas de concentración de esfuerzos residuales alrededor del orificio, aquellas muestras que los presentaron fueron eliminadas (*Figura 1A*). Se numeró cada molde y se dividieron en tres grupos. Posteriormente, con ayuda de una espátula con recubrimiento de teflón, se obturaron las cavidades hasta el borde superficial de la cavidad con las diferentes técnicas; al llegar a dicho borde, se colocó una cinta de celuloide y se procedió a fotocurar. Se obturó de acuerdo a la técnica correspondiente para cada grupo:

**1. Técnica de llenado en bloque:** la cavidad se llenó con la resina en su totalidad y se fotocuró durante 40 segundos. **2. Técnica incremental pared por pared:** se colocaron incrementos que abarcaron sólo una pared con un grosor aproximado de 1.5 mm, fotocurando cada uno antes de colocar el otro durante 20 segundos, hasta llenar la cavidad. **3. Técnicas de incrementos oblicuos:** se colocaron incrementos oblicuos partiendo de una de las paredes, extendiendo y reduciendo la altura del incremento desde un grosor máximo de 1.5 mm, uno sobre otro hasta llenar la totalidad fotocurando entre cada uno por 20 segundos (*Tabla 1*). Se utilizó la lámpara *Elipar* de 3M (longitud de onda 430-480 nm e intensidad de 1,200 mW/cm<sup>2</sup>), la lámpara de fotopolimerizado fue calibrada con radiómetro para verificar la intensidad cada cinco muestras y la distancia de fotocurado fue constante a 2 mm del borde de la muestra de resina.

Para llevar a cabo la prueba de fotoelasticidad, la muestra se colocó en el polariscopio en el que se observó y fotografió el molde antes y después de la prueba, señalando las isocromas presentes. Para la cuantificación del esfuerzo presente, se comparó con

una regleta tomando en cuenta un diámetro constante de 7 mm. Se realizó la medición de las isocromas presentes hasta el final de la banda más oscura, tanto del lado derecho como del izquierdo (*Figura 1B*).

### ESCALA DE FOTOELASTICIDAD

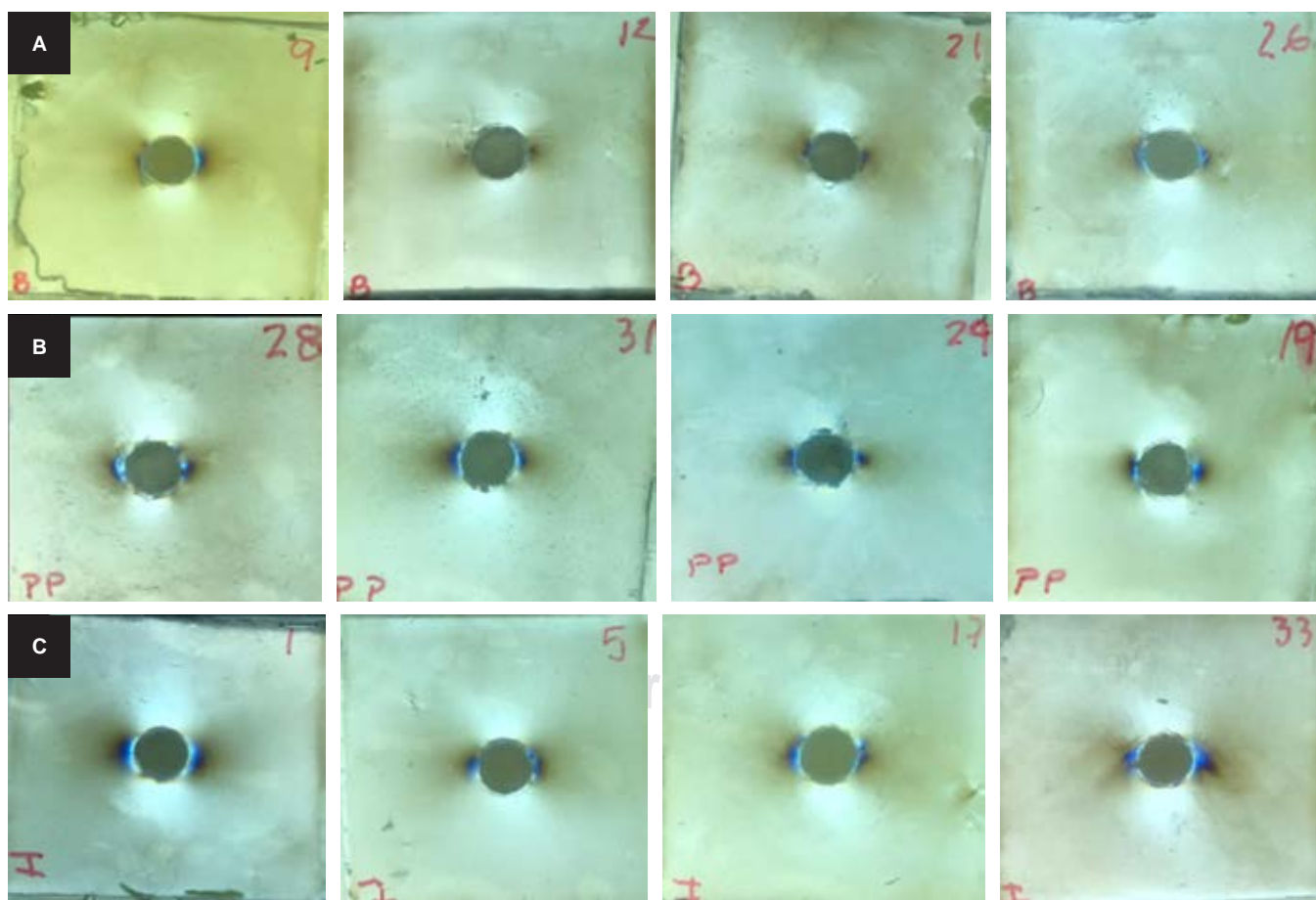
Las bandas isocromáticas muestran la tensión en colores y grosores diferentes; entre más anchas sean el estrés es más bajo y entre más delgadas y continuas es mayor. En la *Figura 1C* se muestra la escala de color que exhibe la resina utilizada, se codificó de acuerdo con lo reportado en la literatura del 0 al 5; donde 0 y 1 corresponden a un estrés bajo, 2 y 3 medio y 4 y 5 alto (*Figura 1D*).

En este estudio se midió la distancia del origen a la banda 0, porque cuanto más alto es el estrés esta banda se aleja y da origen a la aparición de nuevas bandas de color.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS V.22 IBM, en el que se realizó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, posteriormente la comparación de medias por medio de la prueba ANOVA de una vía y *post hoc* Tukey, todas con un nivel  $\alpha = 0.05$ .

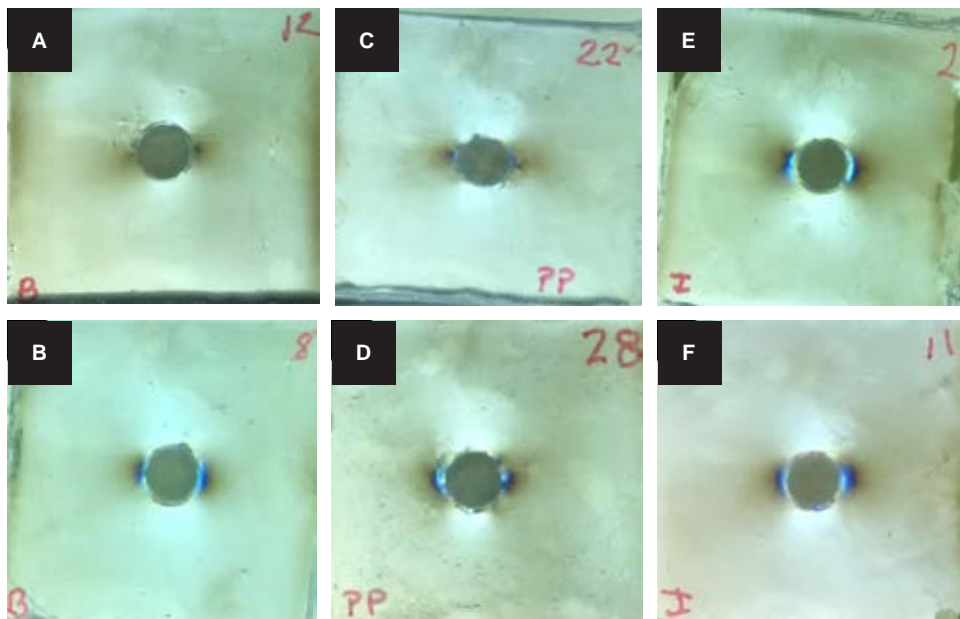
### RESULTADOS

Todas las muestras exhibieron un nivel de estrés en la clasificación de bajo (entre 0 y 1) al mostrar isocromas en sentido horizontal, tanto del lado derecho como del izquierdo, de color negro, azul oscuro, blanco y amarillo; ninguna llegó al nivel 2 (a partir de la banda rosa) (*Figura 2*). Se compararon los resultados con base en las bandas de color antes mencionadas, considerando las más altas de acuerdo con la distancia exhibida del origen al final de la banda negra.



**Figura 2:** Imagen representativa de todas las muestras.

*Representative image of all samples.*



**Figura 3:**

**A-B)** Imágenes representativas del grupo 1 técnica en bloque.  
**C-D)** Del grupo 2, técnica por incrementos pared por pared.  
**E-F)** Del grupo 3, técnica por incrementos oblicuos.

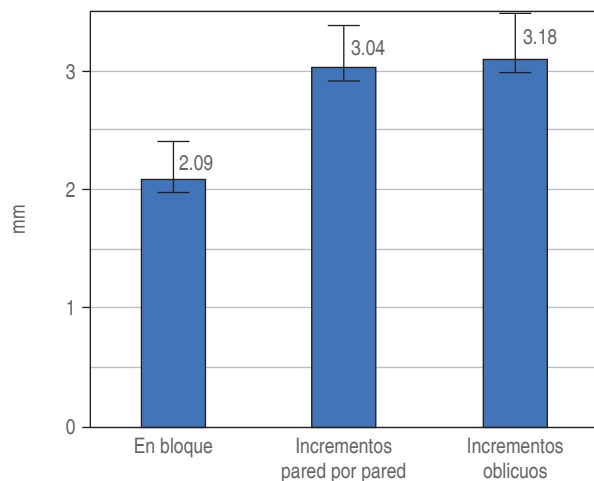
**A-B)** Representative images of group 1 bulk technique. **C-D)** From group 2, wall-by-wall incremental technique. **E-F)** From group 3 technique by oblique increments.

El grupo 1, obturado con la técnica en bloque, mostró los resultados más bajos de estrés en las paredes: el 40% de las muestras presentaron sólo la primera banda isocromática (negra) correspondiente al valor más bajo de estrés (Figura 3A y B). Tanto el grupo 2 (técnica incremental pared por pared) (Figura 3C y D) como el grupo 3 (técnica de incrementos oblicuos) (Figura 3E y F) mostraron resultados de estrés similares; en el grupo 2 alrededor del 10% de muestras sólo mostraron la banda negra y en el grupo 3, considerando el de valor más alto de estrés, todas las muestras exhibieron a partir del nivel 1, es decir de la banda azul. Los grupos 2 y 3 mostraron diferencias estadísticamente significativas al comparar cada técnica con el grupo 1 ( $p = 0.002$  y  $p = 0.000$ , respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos 2 y 3.

La Figura 4 muestra los promedios de la medición realizada correspondiente a la longitud a partir de la resina compuesta (tomado como el origen del estrés) hasta el final de la banda negra.

### DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizó la fotoelasticidad como medio para evidenciar la contracción por polimerización de las resinas compuestas dentales al ser colocadas mediante diferentes técnicas en una cavidad, ya que los materiales de obturación resinosos se han convertido en una parte fundamental de la practica odontológica diaria, por lo que es importante conocer y dar relevancia a sus caracterís-



**Figura 4:** Promedios de la longitud de las isocromas a partir del origen. Comparación de las medias de cada grupo (EE = 0.1)

Average isochrome length from the origin. Comparison of the means for each group (ES = 0.1).

ticas físicas. Autores como Corral<sup>11</sup> y Domínguez,<sup>3</sup> en 2015, mencionaron algunas desventajas de las técnicas incrementales; como que al aplicar varias capas del material se tiene la posibilidad de retención de espacios vacíos entre capas, además de que el proceso es más largo, teniendo más posibilidades de error o de que la resina sufra sorción a pesar del uso del dique de hule, provocando una polimerización deficiente, sin mencionar el tiempo prolongado del paciente en el sillón dental.

En esta investigación, cada técnica fue probada de manera individual para determinar cuál de éstas presenta la menor tensión en las paredes de la cavidad debido a la contracción por polimerización de cada material. Esta evaluación del estrés también hace notar la tecnología de los polímeros actuales, que han logrado integrar el relleno nanométrico para la disminución de la contracción y con esto lograr menor estrés. Las modificaciones propuestas son las hechas a las resinas diseñadas para las técnicas en bloque, que ofrecen ventajas en relación con el tiempo y pasos para su trabajo clínico. Algunos estudios con técnicas de análisis diferentes a la utilizada en este estudio prueban que ofrecen ventajas en las propiedades físicas como la contracción por polimerización. Al-Harbi<sup>12</sup> analizó, por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM), la integridad marginal de resinas, tanto para técnica en bloque (*Tetric N-ceram Bulk-Fill*) como incrementales, sin encontrar diferencias significativas. En 2018, Pereira<sup>13</sup> utilizó la fotoelasticidad, entre otras técnicas, y propuso que las resinas de tipo Bulk-Fill tienen un desempeño similar a las convencionales, pero que, en relación con la contracción por polimerización, las técnicas incrementales pueden tener ventajas. Sin embargo, en el presente estudio si bien todas las resinas presentan evidencia de contracción por polimerización, el grupo trabajado con la técnica en bloque presentó los mejores resultados.

Recientemente, dadas las mejoras y la inclusión de nuevos monómeros como AUDMA o AMF y combinaciones con *nanoclusters*, entre otras tecnologías,<sup>14</sup> las resinas para la técnica de bloque vislumbran un futuro muy prometedor, ya que existen estudios con resultados evidentes en la disminución de contracción por polimerización con otras técnicas de análisis, aunque seguramente seguirán evolucionando.<sup>15</sup> Dada la importancia que tiene el estrés por polimerización en el éxito clínico de las resinas odontológicas, se han buscado diferentes técnicas que presenten resultados más cercanos a la realidad. Es común utilizar tensiómetro para observar la contracción al interior de la estructura de la resina; sin embargo, los resultados en relación con el estrés en las paredes presentan desventajas. En 2011, Lopes<sup>16</sup> utilizó la misma técnica y un modelo similar al del presente para demostrar que las resinas basadas en siloranos no ofrecen ventajas en la reducción del estrés en las paredes cavitarias. De igual forma, en 2012, Oliveira<sup>17</sup> analizó el efecto de los fotoiniciadores, mencionándola como técnica adecuada para el análisis del estrés. Existen diferentes formas de análisis; no obstante, el método utilizado en este estudio es más sencillo, y de igual forma brinda resultados válidos y fácilmente observables.

Sin embargo, aún se debe de trabajar con los diferentes sistemas adhesivos que son un factor importante para estos estudios. Los moldes realizados son de forma circular, de esta manera se evita la tensión irregular que se da por los ángulos agudos, mismos que, aunque no son recomendados en las cavidades dentales, en ocasiones se presentan. Por lo que podría probarse un modelo más parecido a la realidad clínica como lo hace Pereira.

## CONCLUSIÓN

Con las limitaciones del presente estudio, se permite concluir que el uso de las resinas para técnica en bloque reduce el estrés en las paredes cavitarias. En las técnicas incrementales, independientemente de la forma en que se coloquen dichos incrementos, se muestran valores de estrés similares entre sí.

## Original research

### Photoelastic shrinkage analysis of dental resins using different filling techniques

Miriam Marín-Miranda,\* Leticia Orozco-Cuanalo,\* Jorge Fernández-Hernández,\*  
María Lilia Adriana Juárez-López\*

\* Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

#### ABSTRACT

**Introduction:** composite resins are widely used materials in which research continues in pursuit of decreasing shrinkage which is the main cause for their failure. **Objective:** to compare the contraction by polymerization of three different dental resin placement techniques, using photoelasticity. **Material and methods:** 33 photo elastic resin plates were made with a circular cavity in the center of 7 mm in diameter. These cavities were filled with resin by the block technique, wall by wall, in oblique increments, and polymerized. One hour later, the samples were placed in the polariscope, photographed, and measured. Statistical analysis was performed using the Kolmogorov-Smirnov, ANOVA, and post hoc Tukey tests, in the SPSS V.22 IBM program. **Results:** 100% of the samples showed polymerization shrinkage. They all expressed isochromes in the photoelastic resin. The block technique showed the lowest shrinkage results, 40% of the samples presented only the first isochromatic band corresponding to the lowest stress value. **Conclusion:** the use of resins for the block technique reduces stress on the cavity walls.

**Keywords:** Bulk-Fill, photoelasticity, polymerization shrinkage.

#### INTRODUCTION

One of the most widely used materials in dentistry are composite resins; they are also one of the materials

that have undergone the most modifications in order to achieve physical properties similar to enamel and dentin. Resins are constituted by a polymeric base; for their chemical reaction of hardening, they resort to the process of polymerization, in which the union of each monomer supposes its approach. Therefore they present, in different proportions, shrinkage inherent to the formation of polymeric chains, called polymerization shrinkage.<sup>1</sup> Due to the ceramic nature of enamel and dentin, the formation of micro-cavities in the dentinal tubules is necessary to generate the bond. Another polymeric-based material is housed in these cavities: the dental adhesive, which functions as the bonding link between the dental structure and the resin.<sup>2</sup> When there is bonding to the tooth structure and shrinkage of the polymers, the bonded wall undergoes stress, which is the cause of restoration failure and postoperative pain. For this reason, many researchers and clinicians focus their attention on placement techniques, polymerization, and different materials, as it has been shown that variations regarding these factors may result in shrinkage reduction and thus offer a better prognosis of treatments involving the use of composite resins.

### Techniques for the placement of dental composite resins

*Incremental technique.* It consists of creating the restoration by adding layers of resin less than 2 mm thick, photo-activating one layer before the next. This technique proposes that better polymerization is achieved by performing it for each layer, thus reducing the effect of polymerization shrinkage, under the principle that «polymerization shrinkage is directly proportional to the volume of the resin».<sup>3</sup>

*Oblique incremental technique.* In this technique, small portions of less than 2 mm are added, but from one wall to the opposite one. Each portion is set up in triangles formed by the floor and the wall in contact; when performing the photopolymerization, this can be irradiated directly or through the cavity walls.<sup>4</sup>

*Wall-by-wall technique.* It is another variation of the incremental technique with the same condition regarding thickness, but the layers are placed in a specific order: the first increment is placed on one of the walls without touching the others and the photopolymerization process is performed; then another portion of resin is taken to the opposite wall, in the same way without touching the previous one. And so on until all the walls and the floor are covered; each layer is polymerized for 20 seconds with an intensity greater than 1,000 mW/cm<sup>2</sup>.<sup>5</sup>

*Block techniques.* The application techniques in single increments are also known as «in block or

Bulk-Fill», it is said that they are simpler, faster, and more practical because the number of clinical steps is reduced. The composite resin of the bulk system was created to achieve increments of up to 4 mm, decreasing the shrinkage effect and reducing the number of voids within the increments. In order to achieve increments of 4 mm in depth, the polymerization light must be used with an intensity greater than 1,000 mW/cm<sup>2</sup> for a minimum time of 20 seconds.<sup>6</sup>

The research and development of this type of technology have been increasing, according to Furness,<sup>7</sup> the use of an increment of 4 mm with the resin for the Bulk-Fill system did not present significant differences in comparison with the conventional composite resins regarding the percentage of polymerization. On the other hand, Czasch<sup>8</sup> investigated the degree of conversion of resins placed in 4 and 2-mm increments without finding significant differences. Although many studies on bulk resins have been reported, there is no conclusive evidence of their advantage or disadvantage.

### Photoelasticity

Photoelasticity is an optical technique that consists of the fact that, when observing a birefringent material body subjected to stress through polarized light, it presents stress concentration lines called isochromes. These are expressed as a result of differences in the refractive index within the body of the material according to the stresses received. Each of the lines is expressed in different colors and thicknesses, which have been associated with a stress value, indicating the presence of different stress magnitudes. They have also been revealed in different areas of the material pointed in different directions.<sup>9</sup>

In dentistry, this technique has been applied to analyze the stresses generated within the walls of dental cavities associated with the polymerization shrinkage generated in composite resins.<sup>10</sup> The objective of the present investigation is to compare the polymerization stress of three different dental resin filling techniques, utilizing photoelasticity, to determine which of the techniques generates less stress on the preparation walls.

### MATERIAL AND METHODS

An experimental study was performed with a sample that included a total of 33 epoxy resin molds, which were randomly numbered and divided into 3 groups (n = 11). They were filled with resin samples using 3 different techniques: Group 1. Block technique

with Ivoclar Tetric N-Ceram Bulk-Fill IV resin. Group 2. Wall-by-wall incremental technique with 3M Z250 XT Nano Hybrid resin. Group 3. Oblique increment techniques with 3M Z250 XT Nano Hybrid resin.

Preparation of the photoelastic resin molds consisted of silicone matrices; square molds of 5 × 5 × 4mm were fabricated with a circular cavity of 7 mm in diameter and 2.5 mm deep in the center of the mold. They were poured into epoxy resin Cristal Líquido AWS 520 from Epolyglas México. The hole on one side of the mold was closed with the same resin and the other side was completely free. Before the test, it was verified that there were no residual stress concentration lines around the hole, those samples that showed them were eliminated (Figure 1A). Each mold was numbered and divided into 3 groups. Subsequently, with the help of a Teflon-coated spatula, the cavities were filled up to the superficial edge of the cavity by different techniques; when the edge was reached, a celluloid tape was placed and light curing was performed. The filling was performed according to the corresponding technique for each group:

**1. Block filling technique;** the cavity was filled with the resin in its entirety and light cured for 40 seconds, group. **2. Incremental wall-by-wall technique;** increments were placed covering only one wall with an approximate thickness of 1.5 mm, light curing each one before placing the other for 20 seconds, until the cavity was filled, group **3. Oblique increment techniques;** oblique increments were placed starting from one of the walls extending and reducing the height of the increment from a maximum thickness of 1.5 mm, one on top of the other until the entire cavity was filled; light curing was done between each layer for 20 seconds (Table 1). The 3M Elipar lamp (wavelength 430-480nm and intensity of 1,200mW/cm<sup>2</sup>) was used. The light curing lamp was calibrated with a radiometer to verify the intensity every 5 samples and the light curing distance was constant at 2mm from the edge of the resin sample.

To implement the photoelasticity test, the sample was placed in the polariscope in which the mold was observed and photographed before and after the test pointing out the isochromes. For stress quantification, the sample was compared with a scale ruler considering a constant diameter of 7 mm. The isochromes present were measured up to the end of the darkest band, both on the right and left side (Figure 1B).

### PHOTOELASTICITY SCALE

The isochromatic bands show the stress in different colors and thicknesses: the wider they are, the lower

the stress; the thinner and more continuous they become, the higher the stress. Figure 1C shows the color scale exhibited by the resin used; it was coded according to what has been reported in the literature from 0 to 5; where 0 and 1 correspond to low stress, 2 and 3 medium, and 4 and 5 high (Figure 1D).

In this study, the distance from the origin to band 0 was measured, because the higher the stress, the farther this band moves away and gives rise to the appearance of new color bands.

For the statistical analysis, the SPSS V.22 IBM program was used. The Kolmogorov-Smirnov normality test was performed followed by the comparison of means through the one-way ANOVA test and post hoc Tukey, all with a level  $\alpha = 0.05$ .

### RESULTS

All the samples exhibited a stress level in the low classification (between 0 and 1) by showing isochromes horizontally on both the right and left sides of black, dark blue, white, and yellow; none reached level 2 (from the pink band) (Figure 2). The results were compared based on the aforementioned color bands, considering the highest according to the distance exhibited from the origin to the end of the black band.

Group 1 filled with the block technique showed the lowest wall stress results: 40% of the samples presented only the first isochromatic band (black) corresponding to the lowest stress value (Figure 3A-B). Group 2. Incremental wall-by-wall technique (Figure 3C-D), as well as group 3- Oblique incremental technique (Figure 3 E-F), showed similar stress results; in group 2 about 10% of samples exhibited only the black band and group 3 was considered the one with the highest stress value: all samples exhibited from level 1, i.e. blue band. When comparing the groups, groups 2 and 3 showed statistically significant differences when relating each technique with group 1 ( $p = 0.002$  and  $p = 0.000$ , respectively). No statistically significant differences were found between groups 2 and 3.

Figure 4 illustrates the averages of the length measurement from the composite resin (taken as the origin of the stress) to the end of the black band.

### DISCUSSION

In the present study, photoelasticity was used as a means to demonstrate the polymerization shrinkage of dental composite resins when placed by different techniques in a cavity. Since resinous filling materials have become a fundamental part of daily dental



practice, it is important to know and give relevance to their physical characteristics. Authors such as Corral<sup>11</sup> and Domínguez<sup>3</sup> in 2015 mentioned some disadvantages of incremental techniques, such as the possibility of retention of empty spaces between layers when applying several increments of the material. Additionally, this process is more time-consuming, thus the possibility of error or that the resin suffers sorption despite the use of the rubber dam may increase causing a deficient polymerization; not to mention the fact that the patient spends more time in the dental chair.

In this research, each technique was tested individually to determine which one presented the lowest stress on the cavity walls due to the polymerization shrinkage of each material. This stress evaluation also notes the current polymer technology, which has succeeded in integrating nano-sized filler for shrinkage reduction and thus achieving lower stress. The proposed modifications are those made to resins designed for bulk techniques, which offer advantages in terms of time and steps for clinical work. Some studies with different analysis techniques than the one hereby used, proved to offer advantages in physical properties such as polymerization shrinkage. Al-Harbi 2016<sup>12</sup> analyzed by SEM microscopy the marginal integrity of resins for both bulk (Tetric N-Ceram Bulk-fill) and incremental techniques without finding significant differences. In 2018 Pereira<sup>13</sup> used photoelasticity among other techniques and determined that Bulk-Fill type resins have similar performance to conventional ones, but also demonstrated that concerning polymerization, shrinkage incremental techniques may have advantages. However, in the present study, although all resins show evidence of polymerization shrinkage, the group restored with the bulk-fill technique showed the best results.

Recently, given the improvements and the inclusion of new monomers such as AUDMA or AMF and combinations with nanoclusters among other technologies,<sup>14</sup> resins for the bulk technique have a very promising future. There have already been studies with evident results in the reduction of polymerization shrinkage with other analysis techniques, although they will surely continue to evolve.<sup>15</sup> Given the importance of polymerization stress in the clinical success of dental resins, different techniques that present results closer to reality have been sought. It is common to use tensiometers to observe the contraction inside the resin structure, however, the results regarding stress in the walls present disadvantages. In 2011 Lopes<sup>16</sup> used the same technique and a model similar to the

one hereby used to demonstrate that resins based on siloranes do not offer advantages in stress reduction within the cavity walls. Similarly, Oliveira in 2012<sup>17</sup> analyzed the effect of photoinitiators suggesting that it may be a suitable technique for stress analysis. There are different methods for analyzing stress, however, the one used in the present study is simpler while providing valid and easily observable results.

However, it is still necessary to work with the different adhesive systems that are an important factor for these studies. The molds made were circular, thus avoiding the irregular tension caused by acute angles, which, although they are not recommended in dental cavities, sometimes occur. Therefore, a model more similar to clinical reality might be tested, as Pereira did.

## CONCLUSION

Considering the limitations of the present study, it may be concluded that the use of resins for the bulk technique reduces stress in the cavity walls. In the incremental techniques, independent of how these increments are placed, stress values are similar to each other.

## AGRADECIMIENTOS/ACKNOWLEDGMENTS

Al proyecto PAPIME PE206820 por el apoyo al proyecto.

To the PAPIME PE206820 project for support of the project.

## REFERENCIAS / REFERENCES

1. Moradas Estrada M, Álvarez López D. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontostomatol.* 2017; 33 (6): 261-272.
2. Koh SH, Powers JM, Bebermeyer RD, Li D. Tensile bond strengths of fourth- and fifth-generation dentin adhesives with packable resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2001; 13 (6): 379-386. doi: 10.1111/j.1708-8240.2001.tb01023.x
3. Domínguez Burich R JL, Corral Halal D, Mattar M. Análisis comparativo *in vitro* del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con un material mono incremental (Tetric n-ceram Bulk Fill), y uno convencional (Tetric n-ceram). *Revista Dental de Chile.* 2015; 106 (1): 15-19. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137691/Análisis-comparativo-in-vitro-del-grado-de-sellado-marginal-de-restauraciones-de-resina.pdf?sequence=1>
4. Deliperi S, Bardwell D. An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133 (10): 1387-1398. doi: 10.14219/jada.archive.2002.0055.
5. Fernández Hernández JA, Ortega Espinoza MC, Llamas Velázquez G. Colocación de una restauración con resina compuesta. *Odont Act.* 2014; 11 (130): 16-22.

6. Muraro DF, Steffen SP, Donassollo SH, Donassolo TA. Resinas compostas de preenchimento único: relato de caso clínico. *Clin Int J Braz Dent*. 2016; 12 (2): 180-185.
7. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/internal fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent*. 2014; 42(4): 439-449. doi: 10.1016/j.jdent.2014.01.005.
8. Czasch P, Ilie N. *In vitro* comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Invest*. 2013; 17 (1): 227-235. doi: 10.1007/s00784-012-0702-8.
9. Briñez de Leon JC, Restrepo Martínez A, López Giraldo FE. Métricas de similitud aplicadas para análisis de imágenes de fotoelasticidad. *Dyna Rev Fac Nac Minas*. 2013; 80 (179): 42-50. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0012-73532013000300005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0012-73532013000300005)
10. Lopes LG, Franco EB, Pereira JC, Mondelli RF. Effect of light-curing units and activation mode on polymerization shrinkage and shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci*. 2008; 16 (1): 35-42. doi: 10.1590/s1678-77572008000100008.
11. Corral-Núñez C, Vildósola-Grez P, Bersezio-Miranda C, Alves Dos Campos E, Fernández Godoy E. State of the art of bulk-fill resin-based composites: a review. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2015; 27 (1): 177-196. doi: 10.17533/udea.rfo.v27n1a9
12. Al-Harbi F, Kaisarly D, Bader D, El Gezawi M. Marginal integrity of bulk versus incremental fill class II composite restorations. *Oper Dent*. 2016; 41 (2): 146-156. doi: 10.2341/14-306-L.
13. Pereira R, Giorgi MCC, Lins RBE, Theobaldo JD, Lima DANL, Marchi GM. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2018; 10: 287-296. doi: 10.2147/CCIDE.S184660.
14. 3M. Filtek™ Bulk Fill Restaurador para Posteriores. Perfil técnico del producto. [internet]. [Consultado 11 octubre 2020]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1021141O/filtek-bulk-fill-posterior-restorative-tpp.pdf>
15. Comba A, Scotti N, Maravić T, Mazzoni A, Carossa M, Breschi L et al. Vickers hardness and shrinkage stress evaluation of low and high viscosity bulk-fill resin composite. *Polymers (Basel)*. 2020; 12 (7): 1477. doi: 10.3390/polym12071477.
16. Lopes MB, Valarini N, Moura SK, Guiraldo RD, Júnior AG. Photoelastic analysis of stress generated by a silorane-based restoration system. *Braz Oral Res*. 2011; 25 (4): 302-306. doi: 10.1590/s1806-83242011000400004.
17. Oliveira KM, Consani S, Goncalves LS, Brandt WC, Ccahuana-Vásquez RA. Photoelastic evaluation of the effect of composite formulation on polymerization shrinkage stress. *Braz Oral Res*. 2012; 26 (3): 202-208. doi: 10.1590/s1806-83242012000300004.

*Correspondencia / Correspondence:*

**Miriam Marín-Miranda**

**E-mail:** [miriam.marin@zaragoza.unam.mx](mailto:miriam.marin@zaragoza.unam.mx)