



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA**

TESIS

Enfoque Cuantitativo

**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL
CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA
NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON
FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO
2018**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
CIRUJANO DENTISTA**

PRESENTADO POR:

YUCELY JUANITA CUILLAR CASANOVA

ASESOR

JOSE LUIS HUAMANI ECHACCAYA

ICA, ABRIL 2018

DEDICATORIA

A mis padres por su interminable apoyo en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia y perdón ante mis constantes errores.

A mi esposo Máximo por ser mi apoyo y fortaleza en momentos difíciles.

A mi pequeño Wander, por ser mi principal motivo y fortaleza para seguir superándome día a día.

A toda mi familia por el amor y cariño que me han dado siempre.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinita misericordia y su amor, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme un camino lleno de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad

Al Dr. José Luis Huamani Echaccaya, al Dr. Alfredo León Delgado por su apoyo y dedicación de tiempo, durante la realización de la investigación.

A mi esposo Máximo, por ser una parte muy importante de mi vida, por su paciencia y amor incondicional, su dedicación para con nuestra familia, un proyecto que los dos comenzamos.

A mi hijo, por ser mi motivo de vivir y superación.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencia que nunca olvidare.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la situación problemática	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Importancia y Justificación de la investigación.....	17
1.4.1. Importancia de la investigación	17
1.4.2. Justificación de la investigación.....	17

1.4.3. Viabilidad de la investigación.....	18
1.5. Limitaciones.....	18
1.5.1. Limitaciones metodológicas:.....	18
1.5.2. Limitaciones operativas	18
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1. Internacionales	19
2.1.2. Nacionales.....	23
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Resinas compuesta	25
2.2.1.1. Historia	25
2.2.1.2. Componentes de la resina compuesta	26
2.2.1.2.1. La matriz orgánica.	26
2.2.1.2.2. El relleno inorgánico	27
2.2.1.2.3. El agente de unión.....	31
2.2.1.3. Propiedades mecánicas	31
2.2.2. Polimerización	34
2.2.2.1. Fases de la polimerización	36
2.2.2.2. Factores del material	37
2.2.2.3. Factores del foco de luz.....	39

2.2.2.4. Tipos de fotopolimerización:	40
2.2.2.5. Tipos de unidades de fotopolimerización.....	41
2.2.3. Cizallamiento	43
2.2.4. Resinas del estudio	43
2.2.4.1. Filtek™ Bulk Fill®	43
2.2.3.1.1. Indicaciones de uso.....	44
2.2.3.1.2. Composición.....	44
2.2.3.1.3. Propiedades físicas	45
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1. Formulación de la hipótesis principal y derivada.....	49
3.2. Variables; definición conceptual y operacional	49
3.2.1. Identificación de las variables.....	49
3.2.2. Operacionalización de las variables	49
CAPITULO IV: METODOLOGIA	51
4.1. Diseño metodológico.....	51
4.1.1. Tipo de investigación	51
4.1.2. Nivel de investigación:	51
4.1.3. Diseño de investigación.....	51
4.2. Diseño muestral	52
4.2.1. Población universo	52

4.2.1.1. Criterios de inclusión	52
4.2.1.2. Criterios de exclusión	53
4.2.2. Determinación del tamaño muestral	53
4.2.3. Selección de los miembros de la muestra	54
4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	55
4.3.1. Técnicas	55
4.3.2. Instrumento.....	56
4.3.3. Validez del instrumento	56
4.3.3.1. Validación cualitativa.	56
4.3.3.2. Validación cuantitativa	57
4.4. Técnicas de procesamiento de la información:	57
4.5. Técnicas estadísticas utilizadas en el análisis de la información	58
4.5.1. Estadística descriptiva:	58
4.5.2. Estadística inferencial.....	59
4.5.3. Estadística probabilística.....	60
CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	61
5.1. Análisis descriptivo, tablas de frecuencias, gráficos, dibujos	61
5.2. Comprobación de hipótesis, técnicas estadísticas empleadas	68
5.3. Discusión	70
CONCLUSIONES	72

RECOMENDACIONES	73
FUENTES DE INFORMACIÓN	74
ANEXOS	77
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	78
Anexo N° 02: Resultados.....	79
ANEXO N° 03: JUICIO DE EXPERTOS	82
ANEXO N° 04: MATRIZ DE DATOS.....	85
ANEXO N° 5: FOTOGRAFÍAS.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla N^a 1: Resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018.....	61
Tabla N^a 2: Resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018.....	64
Tabla N^a 3: Resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018.....	69
Tabla N^a 4: T Student para muestras independientes de la hipótesis general.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1-A: Diferencias en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018.....	61
Figura N° 1-B: Distribución normal de la diferencia de medias entre la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua según la prueba Anderson Darling.....	62
Figura N° 1-C: Histograma de las diferencias a la resistencia al cizallamiento entre la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua.....	63
Figura N° 2: Histograma de la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua.....	65
Figura N° 3: Histograma de la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua.....	67

RESUMEN

Objetivo: Determinar *in vitro* la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio de nivel explicativo tipo experimental, prospectivo, longitudinal, analítico. La muestra fue 34 bloques de resina distribuidos según la fotopolimerización 17 para continua y 17 discontinua. La medida de los bloques fue 3mm de diámetro por 3mm de altura (resina reparadora) con bloques de base de 4mm de diámetro y 4mm de altura y un mango de acrílico rosado de 8mm de diámetro por 1cm de altura abrazando la resina base. El instrumento fue la máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG a una velocidad de 5mm por minuto hasta alcanzar la fractura en la unión resina-resina calibrados en High Technology Laboratory Certificate. **Resultados:** La resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua tuvo mayor resistencia al cizallamiento $\text{media}=20,34 \pm 6,2$ Mpa en comparación a la fotopolimerización continua $\text{media}=15,5 \pm 6,6$ Mpa; con diferencia de medias $-4,84118$ IC_{95%} [-9,34179 a -0,34056]. La resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua estuvo comprendido entre 2,8 a 27,9 Mpa con coeficiente de variación 0.429 (heterogéneos) y con fotopolimerización discontinua estuvo comprendido entre 11,4 a 31,7 Mpa con coeficiente de variación 0.305 (homogéneos). **Conclusión:** Con un p-valor=0,036 podemos concluir que se encontró diferencias significativas *in vitro* en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en comparación a la fotopolimerización continua en el año 2018.

Palabras claves: Fotopolimeración continua, discontinua, resina Filtek Bulk Fill®

ABSTRACT

Objective: To determine in vitro the shear strength of Filtek Bulk Fill® nanotechnological composite resin with continuous and discontinuous photopolymerization in 2018. **Materials and methods:** An experimental, prospective, longitudinal, and analytical level explanatory study was carried out. The sample was 34 resin blocks distributed according to the photopolymerization 17 for continuous and 17 discontinuous. The measure of the blocks was 3mm in diameter by 3mm in height (restorative resin) with base blocks of 4mm in diameter and 4mm in height and a pink acrylic handle of 8mm in diameter by 1cm in height embracing the base resin. The instrument was the digital machine of universal tests CMT-5L brand LG at a speed of 5mm per minute until reaching the fracture in the union resin-resin calibrated in High Technology Laboratory Certificate. **Results:** Filtek Bulk Fill® resin with discontinuous photopolymerization had higher average shear strength = 20.34 ± 6.2 MPa compared to medium continuous photopolymerization = 15.5 ± 6.6 MPa; with difference of means -4.84118 IC95% [-9.34179 to -0.34056]. Filtek Bulk Fill® resin with continuous photopolymerization was between 2.8 to 27.9 Mpa with coefficient of variation 0.429 (heterogeneous) and discontinuous photopolymerization was between 11.4 to 31.7 Mpa with coefficient of variation 0.305 (homogeneous). **Conclusion:** With a p-value = 0.036 we can conclude that significant in vitro differences were found in the shear strength of Filtek Bulk Fill® nanotechnological composite resin with discontinuous photopolymerization compared to continuous photopolymerization in 2018..

Key Words: Continuous, discontinuous photopolymerization, Filtek Bulk Fill® resin

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es conocido que la nanotecnología ha evolucionado a pasos agigantados, y la odontología no es ajeno a este proceso; siendo la odontología restauradora beneficiario de nuevos materiales con propiedades físico y mecánicas mejoradas, cada vez más cercanas a los dientes naturales y con resultados muy prometedores.

El desarrollo de las resinas compuestas actuales se inició con el descubrimiento de la molécula Bis-GMA por parte de Dr. Bowen en los años sesenta. Este monómero perteneciente a la familia de los dimetacrilatos, continúa siendo el más utilizado para la fabricación de resinas compuestas en la actualidad, tanto individualmente como en combinación con otros monómeros de la misma familia.

Hay muchas investigaciones sobre propiedades mecánicas y estéticas de las resinas compuestas con el fin de encontrar un material ideal, sin embargo en la aplicación clínica de las resinas compuestas trae consigo una importante desventaja “la contracción durante la polimerización” por lo mencionado se justifica la ejecución de la presente investigación por cuanto nos permitirá avizorar los hallazgos que el método científico nos proporcione sobre las propiedades de resistencia al cizallamiento del composite Filtek™ Bulk Fill® como una filosofía epistemológica de escepticismo racional que la ciencia nos permitirá verificar.

A la revisión de la literatura odontológica se advierte claramente que la más reciente innovación dentro de la industria odontológica es el desarrollo de las resinas Bull Fill, es así como 3MTM ha introducido en el mercado su composite Filtek™ Bulk Fill®, la que se trabaja con la técnica mono incremental o en bloques de 4mm - 5mm, ofreciendo resultados prometedores; pero que a criterio del investigador necesitan ser corroborados en un estudio in vitro que busque evaluar y determinar la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta

nanotecnológica Filtek™ Bulk Fill® de acuerdo a la fotopolimerización continua y discontinua; para lo cual se diseñó un estudio comparativo de tipo experimental, prospectivo, transversal, analítico definido en el nivel explicativo.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

Las resinas compuestas son el “boom” de la generación actual, en el mercado aparecieron los composites que tienen nanorrellenos (nanotecnología) con resultados muy prometedores, propiedades físico-mecánica muy mejoradas, así permitiendo al material un mejor comportamiento clínico en un ambiente muy complejo como la cavidad oral. Pero a pesar de ello con el tiempo los operadores aún se mantienen inquietos con respecto al uso de las lámparas, de cuál es la adecuada técnica de polimerización, porque también depende de este el mejoramiento de las propiedades de las resinas y sobre todo no menos importante el éxito de los tratamientos.

Recordemos que independiente de su especialidad, el profesional en Ciencias de la Salud en su quehacer cotidiano debe tomar decisiones que involucran la salud de su paciente por lo que se hace necesario el uso consciente, explícito, juicioso de las mejores y actuales pruebas en la toma de decisiones sobre el cuidado dental del paciente individual; la misma que se realizará con un análisis crítico y una motivación especial por la Investigación Científica, como requisito del profesional comprometido con la salud integral de la población.

La analítica en el presente estudio estará supeditada a la importancia del éxito en las restauraciones directas la misma que estará fundamentado en una fotoactivación eficiente (continua y discontinua), que permitirá mantener las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas que se pretende evaluar en el presente estudio para fines de su aplicación clínica.

La industria 3M™ ha introducido al mercado su composite Filtek™ Bulk Fill®, una resina que está hecha con la ciencia de la nanotecnología; esta se trabaja con la técnica en bloques de 4mm - 5mm, una resina con resultados muy prometedores, de la cual aún no se tiene suficiente información contundente sobre su comportamiento a nivel de la cavidad oral.

Al existir la falta de información en restauraciones directas el presente trabajo de investigación pretende evaluar la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek™ Bulk Fill® de acuerdo a la fotopolimerización continua y discontinua.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existirán diferencias *in vitro* en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018?

1.2.2. Problemas específicos

Problema específico 1:

¿Cuál será la resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018?

Problema específico 2:

¿Cuál será la resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar y determinar *in vitro* la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

1.3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018

2. Evaluar la resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018

1.4. Importancia y Justificación de la investigación

1.4.1. Importancia de la investigación

Los resultados del trabajo son útiles para la toma de decisiones por parte de los profesionales, ya que en la actualidad no se cuenta con antecedentes suficientes con respecto a la línea de investigación, con este estudio incrementamos el conocimiento sobre la resistencia al cizallamiento de las resinas Filtek Bulk Fill®.

Los pacientes también son los principales beneficiados con los resultados, ya que el profesional que los trata tiene más de información con respecto a los materiales de obturación.

La investigación ayudó a crear nuevos instrumentos para recolectar o analizar datos, en donde la unidad de estudio sea diferente a la tomada en nuestro caso, y así tener conocimiento sobre el comportamiento de diferentes muestras bajo la misma línea de investigación.

1.4.2. Justificación de la investigación

Relevancia social: Los resultados del presente estudio beneficiaron directamente a todos los pacientes usuarios de operatoria dental; además la satisfacción del “Cirujano Dentista” por brindar tratamientos basados en la evidencia científica.

Relevancia teórica: Los resultados de la presente investigación constituyen un aporte valioso al conjunto de conocimientos del que disponemos en la actualidad por cuanto no existen investigaciones realizadas en nuestra localidad.

Relevancia práctica: Los resultados de la presente investigación constituyen información relevante para la toma de decisiones por parte del profesional odontólogo en el manejo de materiales que la nanotecnología nos ofrece en la actualidad.

1.4.3. Viabilidad de la investigación

El estudio es viable por cuanto no afecta ningún principio ético en investigación científica; además por ser un estudio *in vitro* se cuenta con acceso a un laboratorio de materiales dentales en la ciudad de Lima que permita realizar todas las mediciones que sean necesarios en el presente estudio.

Además, se cumple con el requisito indispensable de todo estudio experimental *in vitro* el pareamiento de variables que condicionen características similares en los grupos que se comparan, debemos resaltar que en el presente estudio se controlará las propiedades de la resina, su composición de su relleno, el sistema adhesivo según la indicación del fabricante para la resina nanotecnológica seleccionada Filtek Bulk Fill®.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitaciones metodológicas:

Por tratarse de un estudio *in vitro* se constituye en una exigencia mayor condicionar las simulaciones necesarias del medio ambiente bucal; otro que podemos considerar es el escaso número de antecedentes disponibles con respecto a la línea de investigación, por la reciente incorporación al mercado de este tipo de resinas.

1.5.2. Limitaciones operativas

El tiempo que tomó hacer los trámites y obtener permisos para realizar el trabajo de campo además del hecho de trasladarse a la ciudad de Lima para hacer la prueba de laboratorio, ya que en nuestra localidad no contamos con los equipos necesarios para las mediciones.

. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

- **Martínez VA.** Realizo una investigación titulada ***“Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resina compuesta fluida utilizada como sellante, aplicada con distintos sistemas adhesivos, convencional y autograbante con y sin grabado ácido previo del esmalte”*** en **CHILE(2013)**, con el objetivo de hacer un análisis comparativo de la capacidad de adhesión, entre tres técnicas de aplicación de una resina compuesta fluida utilizada como sellante, a través de pruebas de resistencia al cizallamiento de cada grupo en estudio. El estudio se realizó en 69 molares sanos, a quienes se les realizó desgastes periféricos, para obtener preparaciones de dimensiones estandarizadas de 6mm de diámetro. Se dividieron en tres grupos de distintas aplicaciones de la resina compuesta fluida, usada como sellante. En el primer grupo, se procedió a grabar el esmalte con ácido, para posteriormente utilizar un adhesivo convencional, en el segundo se realizó el mismo acondicionamiento al esmalte más la aplicación de un autoadhesivo y en el último, la utilización del autoadhesivo sin el grabado ácido previo. Las muestras fueron sometidas a pruebas de resistencia al cizallamiento en la máquina de ensayo universal Tinus Olsen®, a una velocidad de 5mm por minuto hasta alcanzar la fractura en la unión esmalte-resina. Los valores se obtuvieron en Mpa y se tabularon para realizar los análisis correspondientes. La resistencia al cizallamiento promedio del grupo de “grabado ácido + adhesivo convencional” tuvo el mayor valor de 13,18 Mpa, seguido del grupo “grabado ácido + adhesivo autograbante” con un valor promedio de 10,22 y por último el grupo “adhesivo autograbante” con un valor de 10,00. Luego se procedió a realizar el análisis estadístico inferencial a través de un Test Paramétrico Anova. Se observó en el análisis estadístico, que existen diferencias significativas en cuanto al tipo de técnica empleada, ya que la aplicación de la resina compuesta fluida utilizada como

sellante, con un grabado ácido previo y un adhesivo convencional, obtuvo los mayores valores de resistencia al cizallamiento. Por lo que se rechazó la hipótesis planteada con un valor de $p= 0,000$. No se pudo comprobar si el grabado ácido previo al uso del autoadhesivo mejoraba la adhesión, ya que no se encontraron diferencias estadísticas entre el grupo “grabado ácido + adhesivo autograbante” y el de “adhesivo autograbante”.¹

- **Cornejo, MA.** Realizo un estudio titulado **“Resistencia al cizallamiento de una resina compuesta al aplicar diferentes agentes blanqueadores y su efecto sobre la microestructura del esmalte”** en el año **2014**, con el objetivo de comparar la micro-estructura del esmalte y resistencia al cizallamiento de una resina compuesta después del blanqueamiento dental con Peróxido de Hidrógeno y Peróxido de Carbamida, el estudio fue experimental in vitro y comparativo de asignación aleatoria. Se recolectaron 69 dientes premolares almacenados en agua bidestilada. Los dientes fueron divididos aleatoriamente en: (n = 30), cada diente se sometió a los grupos en estudio, Peróxido de hidrógeno al 38% (mitades mesiales), Peróxido de carbamida al 45% (mitades distales) y control (n = 15). Los especímenes del grupo de control no fueron blanqueados, sólo almacenados en agua bidestilada. Se analizó la rugosidad superficial antes y después de cada blanqueamiento con un rugosímetro (Mitutoyo SJ- 210), sobre la superficie más plana y regular del esmalte de todos los especímenes. Se colocó un bloque de resina FiltekZ350 (3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) para la prueba de cizallamiento evaluada a las 24 hrs. (n=15) y tres semanas (n=15). La prueba de resistencia al cizallamiento se realizó con la máquina Universal de Pruebas MTS (Alliance RT30) aplicando

¹ Martínez, VA. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resina compuesta fluida utilizada como sellante, aplicada con distintos sistemas adhesivos, convencional y autograbante con y sin grabado ácido previo del esmalte. Tesis / bachiller, Santiago de Chile: Universidad de Chile Facultad de Odontología; 2013.

Disponible:

http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117470/Martinez_V.pdf?sequence=1&isAllowed=y

una fuerza de empuje en la base del cilindro de resina a .5mm de la unión al esmalte a una velocidad de cruceta de 0.5mm/min. El modo de falla adhesiva se determinó bajo microscopía estereoscópica (48X). Para el aspecto superficial (MEB) se obtuvieron micrografías del esmalte a 1000 y 1500 X, utilizando 24 premolares adicionales; mitades mesiales: grupo control, mitades distales grupos experimentales (n=12). El resultado es que El ANOVA de dos vías reveló diferencias estadísticamente significativas en la comparación de la resistencia al desalojo entre los diferentes grupos de estudio en las pruebas de desprendimiento practicadas a las 24 horas y 3 semanas, en donde el grupo control presentó los valores de resistencia al desalojo más elevados que los observados con el peróxido de hidrógeno al 38% y el peróxido de carbamida al 45%. En la evaluación del modo de fallo a las 3 semanas el grupo control y el grupo de especímenes expuestos al peróxido de carbamida al 45% presentó el 100% de fallo adhesivo siendo superior al observado en el grupo de dientes tratados con peróxido de hidrógeno al 38% que fue del 66.7%. (p=.01) En la comparación del modo de fallo entre los diferentes períodos investigados se observó que el fallo adhesivo en el grupo control a las 24 horas fue menor que el encontrado a las 3 semanas (p=.04). El modo de fallo predominantemente observado fue de tipo adhesivo, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de estudio. (p=.40). Las micrografías revelaron que al aplicar Peróxido de Hidrógeno al 38% y Peróxido de Carbamida al 45%, no se observaron cambios evidentes significativos a nivel del esmalte; mostrando mínimas diferencias o ninguna.²

²Cornejo, MA. Resistencia al cizallamiento de una resina compuesta al aplicar diferentes agentes blanqueadores y su efecto sobre la microestructura del esmalte. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Departamento de Estomatología. 2014.
Disponible: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/65510>

- **Alonso, P.** Hizo un estudio titulado ***“Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resinas compuestas de nanotecnología reparadas con diferentes tipos de composite”*** en **CHILE (2002)**, realizó el estudio con el objetivo de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de adhesión, medidos a través de la resistencia al cizallamiento, al reparar un sustrato de resina compuesta de nanotecnología con tres tipos de composite. Los grupos experimentales estuvieron formados por 75 cilindros de RC de nanotecnología que fueron madurados en agua destilada a 37°C por 24 horas. La superficie a reparar fue asperizada con un disco abrasivo, grabada con ácido fosfórico, silanizada y tratada con adhesivo. Sobre esta superficie se adherieron nuevos cilindros de RC microhíbrida, de micropartículas y de nanotecnología. Los grupos control estuvieron constituidos por 75 cilindros de RC de nanotecnología, sobre los cuales se adherieron inmediatamente nuevos cilindros de los mismos tres tipos de composite. Luego todas las muestras fueron maduradas en agua destilada a 37°C por 24 horas y se incluyeron en acrílico de autopolimerización. La prueba de resistencia al cizallamiento se realizó en una máquina de Ensayo Universal Instron y los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas al reparar un sustrato de RC de nanotecnología con composites de distinto tipo de relleno. La mayor resistencia se obtuvo al reparar con un material de nanotecnología y los menores valores al hacerlo con uno de micropartículas³

³Alonso, P. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resinas compuestas de nanotecnología reparadas con diferentes tipos de composite. Tesis/Bachiller. Santiago de Chile: Universidad de Chile Facultad de Odontología; 2002.

Disponible: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140003/Estudio-comparativo-in-vitro-de-la-resistencia-al-cizallamiento-de-resinas-compuestas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2.1.2. Nacionales

- **Santa Cruz YM.** Realizo un estudio de *“Resistencia flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos” en LIMA (2011)*, con el objetivo de determinar si existen diferencias en la resistencia flexural de una resina de nanopartículas al ser sometidas a 2 técnicas de polimerización utilizando una fuente LED. Se confeccionaron 30 especímenes de resina Filtek Z350- 3M, se dividieron en 2 grupos de 15 especímenes cada uno, un grupo fue polimerizado con técnica Rampa (0-650Mw/cm²-durante 5s, seguido por 15s en 1600Mw/cm²) y otro grupo polimerizado con técnica soft start (650Mw/cm² durante 10s, e inmediatamente 1600mW/cm² durante los 10s restantes), se pulieron y se almacenaron en agua destilada y luego de 24h se sometieron a una prueba de flexión en el aparato Houndsfield. Los datos fueron analizados con prueba paramétrica T-Student para muestras relacionadas, con un nivel de significancia al 95%. La resina compuesta de nanopartículas Z350 polimerizada con técnica soft start presenta la media más alta para resistencia a la flexión (163.52 Mpa) y especímenes polimerizados con técnica Rampa presentó (144.77Mpa). Se concluye que no existen diferencias significativas en la resistencia flexural de una resina de nanopartículas Z350 al ser polimerizada con técnica Rampa y técnica soft start, siendo $p=0.68 >0.5$. El método de activación por sí solo no dio lugar a diferencias significativas en la resistencia a la flexión de la resina Z350.⁴
- **Boza, YR.** Hizo un estudio un titulado *“Estudio de la profundidad de polimerización de resinas bulk fill a diferentes distancias de fotoactivación” en el año 2015*, realizó una investigación con el objetivo del presente estudio fue determinar la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” al ser

⁴Santa Cruz YM. Resistencia flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos. Tesis/Bachiller. Lima Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de odontología. 2011.

Disponible: <http://www.cop.org.pe/bib/tesis/YESENIAMARELINSANTACRUZHERNANDEZ.pdf>

fotoactivadas a diferentes distancias. La parte experimental se realizó utilizando el método ISO 4049, se elaboraron 36 moldes cilíndricos de 4mm de diámetro y 12 mm de altura, en las cuales se colocó la resina; se elaboraron 12 muestras de cada resina (resina A y resina B) y se dividieron de acuerdo a la distancia de fotoactivación (0mm y 4mm) por lo que se obtuvieron 6 grupos con 6 muestras de resina en cada grupo, todas se polimerizaron por LED a 10 segundos. La medición de la altura absoluta polimerizada de las muestras se realizó con un micrómetro de 0,01mm de precisión, finalmente cada altura absoluta fue dividida entre 2 lo cual se registró como la profundidad de polimerización de cada muestra. Los datos fueron sometidos a la prueba T-Student para muestras independientes y a la prueba ANOVA con un nivel de confianza de 95%. Los resultados mostraron que la resina A presentó mayor profundidad de polimerización que la resina B para las dos distancias de fotoactivación (0mm y 4mm). Los datos mostraron valores de $p < 0.05$ siendo estadísticamente significativa entre las resinas evaluadas. Se concluyó que las profundidades de polimerización de las resinas “bulk fill” están determinadas por la distancia de fotoactivación, la resina A presenta mayor profundidad de polimerización que la resina B.⁵

⁵ Boza, YR. Estudio de la profundidad de polimerización de resinas bulk fill a diferentes distancias de fotoactivación. Tesis/Bachiller. Lima-Peru: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE ODONTOLOGÍA. 2015.
Disponible: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4552/1/Boza_qy.pdf

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Resinas compuestas

Los composites desde el punto de vista de la ingeniería lo define como un sistema de materiales compuestos de una mezcla de dos o más constituyentes que difieren en forma y que son esencialmente insolubles

La resina compuesta es una combinación tridimensional de por lo menos dos materiales químicamente diferentes, obteniéndose propiedades superiores a las que presentan sus constituyentes de manera individual, después de ser polimerizado. Las resinas compuestas dentales, son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos. Para unir las partículas de relleno a la matriz plástica de resina, el relleno es recubierto con silano, un agente de conexión o acoplamiento. Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica. Las resinas compuestas se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esa forma imitar el color de los dientes naturales.

2.2.1.1. Historia

La historia de la resina remota desde 1905 y los años 60, en donde se usaron los cementos de silicato como material de obturación. En los años 50 se comenzaron a utilizar los plásticos basándose en metacrilato y dimetacrilato, con el único objetivo de buscar un material con mejores resultados. En ese entonces, los únicos materiales que tenían color del diente y que podían ser empleados como material de restauración estética eran los silicatos. Estos materiales tenían grandes desventajas siendo la principal, el desgaste que sufrían al poco tiempo de ser colocados.⁶ A finales de los años 40, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo, pero estas resinas acrílicas presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada y en consecuencia mucha filtración

⁶ Cova, JL. Biomateriales Dentales. Editorial Amolca. Segunda Edición. Pag. 245

marginal. La era de las resinas modernas empieza en 1962 cuando el Dr. Ray. L. Bowen desarrolló un nuevo tipo de resina compuesta. La principal innovación fue la matriz de resina de Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) y un agente de acoplamiento o silano entre la matriz de resina y las partículas de relleno.⁷

Actualmente las resinas compuestas han sido testigo de numerosos avances y su futuro es aún más prometedor, con grandes variedades como nuevos monómeros y también para la aplicación en diversos sectores y con diversos procedimientos clínicos.

2.2.1.2. Componentes de la resina compuesta

2.2.1.2.1. La matriz orgánica.

Está constituido básicamente por un sistema de monómeros mono, di- o trifuncionales; un sistema iniciador de la polimerización de los radicales libres, que en las resinas compuestas fotopolimerizables es una alfa-dicetona (canforoquinona), usada en combinación con una agente reductor, que es una amina alifática terciaria (4-n,ndimetilaminofetil alcohol, DMAPE), y en las quimiopolimerizables es el peróxido de benzoilo, usado en combinación con una amina terciaria aromática (n,ndihidroxi-etil-p-toluidina); un sistema acelerador que actúa sobre el iniciador y permite la polimerización en un intervalo clínicamente aceptable; un sistema de estabilizadores o inhibidores, como el éter monometílico de hidroquinona, para maximizar la durabilidad del producto durante el almacenamiento antes de la polimerización y su estabilidad química tras la misma; por último, los absorbentes de la luz ultravioleta por debajo de los 350 nm, como la 2- hidroxí-4-metoxibenzofenona, para proveer estabilidad del color y eliminar sus efectos sobre los compuestos amínicos del sistema iniciador capaces de generar decoloraciones a medio o largo plazo.⁸

⁷ Cuevas CE, D'Accorso N, Zamarripa JE. Uso en odontología de resinas polimerizadas por apertura de anillos. Instituto de Ciencias de la Salud UAEH.

Disponible: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icsa/LI_Biomate/Juan_Zama/38.pdf

⁸ Hervás A, Martínez MA, Cabanes J, Barjau A, Fos P. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006. Disponible:

<http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/v11i2/medoralv11i2p215e.pdf>

Los principales monómeros que han sido utilizados hasta el momento para la elaboración de resinas dentales, son: Metilmetacrilato (MMA), Bisfenil Glicidil Metacrilato (Bis-GMA), Uretano dimetil metacrilato (UDMA) y el Trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA). El monómero más utilizado durante los últimos 30 años ha sido el Bis-GMA (Bisfenol-A- Glicidil Metacrilato).

2.2.1.2.2. El relleno inorgánico

Éste componente de la resina compuesta lo conforma lo que se denomina partículas de carga. Estas partículas de carga ofrecen estabilidad dimensional a la inestable matriz orgánica, con la finalidad de mejorar sus propiedades.

Las partículas de carga utilizadas para el relleno son normalmente partículas de cuarzo o vidrio de diversos tamaños. Éste tipo de partículas pueden ser obtenidas de diferentes maneras. Una consiste en triturar mecánicamente un bloque cerámico natural o sintético, otra es a través de tratamientos químicos diversos como el procesado de compuestos de silicio.

Por su parte, la fase dispersa de las resinas compuestas está integrada por un material de relleno inorgánico del que dependen, fundamentalmente, las propiedades físicas y mecánicas del composite. La naturaleza del relleno, su modo de obtención y la cantidad incorporada determinarán en gran medida las propiedades mecánicas del material restaurador. Las partículas de relleno son incorporadas a la fase orgánica para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la matriz orgánica, de ahí que la incorporación del mayor porcentaje de relleno posible, sea un objetivo fundamental. Gracias al relleno se consigue reducir el coeficiente de expansión térmica, disminuir la contracción final de la polimerización, proporcionar radioopacidad, mejorar la manipulación e incrementar la estética. Existe una gran variedad de partículas de relleno empleadas en función de su composición química, morfología y dimensiones, destacando de forma mayoritaria el dióxido de silicio, así como los borosilicatos y aluminosilicatos de litio. Muchos composites reemplazan parcialmente el cuarzo por partículas de

metales pesados, como el bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio, que son radioopacos.⁸

Las partículas obtenidas con estos procedimientos pueden tener no sólo composición sino también tamaños diversos. Con frecuencia se clasifica a las resinas compuestas en función del tamaño de las partículas de relleno en:

Tipo de composite	Relleno
Densificados -De relleno medio Ultrafinos Finos -De relleno compacto >60% en volumen Ultrafinos Finos	< 60% en volumen Partículas < 3 µm Partículas > 3 µm > 60% en volumen Partículas < 3 µm Partículas > 3 µm
Microfinos - Homogéneos - Heterogéneos	Tamaño medio de las partículas = 0,04 µm
Mixtos	Mezcla de composites densificados y microfinos
Tradicionales	Equivalentes a los llamados composites de macorrelleno en otras clasificaciones
Reforzados con fibras	Composites de uso industrial

Fuente: Clasificación combinada de los composites (Willems, 1993)

▪ **Resinas de macorelleno**

Estas resinas fueron los primeros en aparecer en el mercado, estas como relleno inorgánico principalmente se emplea el cuarzo (El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista). Tienen partículas de un tamaño promedio entre 15 a 100 µm, con una carga de relleno de 75-80%.¹⁰ Su desempeño clínico es deficiente y el acabado superficial es pobre, visto que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando la prominencia de grandes partículas de relleno las cuales

son más resistentes. Además, la rugosidad influye en el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación.⁹

- **Resinas de microrelleno:**

Estas resinas fueron desarrolladas en los años 70, con el objetivo de mejorar el problema del pulido que presentaban los composites macrorrelleno, estas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05 µm, con un bajo de carga menor del 35%.¹⁰ Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto pulimento y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración. Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad.⁹

- **Resinas híbridas:**

Son resinas que combinan las ventajas de macrorrelleno y las de microrrellenos, la fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje de carga de relleno que alcanzaba hasta el 80%, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 µm, incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 µm.

Los aspectos que caracterizan a estos materiales son: disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja sorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy

⁹ Rodríguez, DR; Pereira, NA. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. universidad central de Venezuela - facultad de odontología. 2007.

Disponible:

https://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/evolucion_tendencias_resinas_compuestas.asp

¹⁰ Díez C. Comparación in vitro de la microfiltración de dos sistemas restaurativos dentarios diferentes.

Disponible: https://books.google.com.pe/books?id=Oq5G-DwUQhEC&pg=PA22&lpg=PA22&dq=%EF%82%A7+Resinas+macrorrelleno&source=bl&ots=h8_0aqcl2n&sig=e8cjjF7MXAyN0O3GcES5gS0VFS0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi3tuTkhN3XAhXQsd8KH5whCrQQ6AEIWzAL#v=onepage&q=%EF%82%A7%20Resinas%20macrorrelleno&f=false

similar al experimentado por las estructuras dentarias, fórmulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior.^{9 10}

- **Híbridos Modernos**

Estas resinas tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub-micrométricas más del 60%. Sus tamaños de partícula oscilan desde 0.4µm a 1.0µm, unido al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste, excelente estética (un excelente acabado y pulido) por la textura superficial, presentan módulo de elasticidad bajo, es decir son más flexibles que las otras resinas y tienen baja resistencia a la fractura tangencial, la capa superficial de una carilla para aprovechar la textura superficial. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez.¹¹

- **Resinas de Nanorelleno:**

Actualmente ha surgido la nanotecnología la cual ha influenciado también en la odontología, esta ha conducido al desarrollo de una nueva resina compuesta, que se caracteriza por tener en su composición la presencia de nanopartículas que presentan una dimensión de aproximadamente 25 nm y nanoagregados de aproximadamente 75 nm, estos están formados por partículas de circonio/silice o nanosilice. Los agregados son tratados con silano para lograr entrelazarse con la resina. La carga de relleno de hasta el 79.5%. Su comportamiento clínico de estas resinas generadas con este tipo de partículas, al presentar un menor tamaño de partícula, permiten un mejor acabado de la restauración, que se observa en la textura superficial de la misma disminuyendo las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo. Además, esta tecnología ha permitido que las cualidades mecánicas de la resina puedan ser lo suficientemente competentes para indicar su uso en el sector anterior y posterior.⁸

¹¹ Iruretagoyena, MA. Tipos de resina compuesta: La elección para distintos casos clínicos. Buenos Aires. Argentina. 2014.

2.2.1.2.3. El agente de unión

Durante el desarrollo inicial de las resinas compuestas, Bowen demostró que las propiedades óptimas del material, dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica. La unión de estas dos fases se logra recubriendo las partículas de relleno con un agente de acoplamiento que tiene características tanto de relleno como de matriz.

El agente responsable de esta unión es una molécula bifuncional que tiene grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. Debido a que la mayoría de las resinas compuestas disponibles comercialmente tienen relleno basado en sílice, el agente de acoplamiento más utilizado es el silano.

El silano que se utiliza con mayor frecuencia es el γ - metacril-oxipropil trimetoxisilano (MPS), éste es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno cuando son hidrolizados a través de puentes de hidrógeno y a su vez, posee grupos metacrilatos, los cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de polimerización ofreciendo una adecuada interfase resina / partícula de relleno.

Asimismo, el silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, pues establece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa), para la fase más rígida (partículas de relleno). Además, estos agentes de acoplamiento previenen la penetración de agua en la interfase BisGMA / Partículas de relleno, promoviendo una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina.⁹

2.2.1.3. Propiedades mecánicas

▪ Resistencia al desgaste

Es la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos. Esto no tiene un efecto perjudicial inmediato, pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones, al mismo tiempo que disminuye su duración.

Principalmente esta propiedad depende principalmente de las características físicas del relleno, así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales.

- **Textura Superficial.**

En las resinas compuestas, esta propiedad está relacionada con varios factores. En primer lugar, con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con la técnica de acabado y pulido. Una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales.

- **Coeficiente de Expansión Térmica.**

Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental. Es la velocidad de cambio dimensional por unidad de cambio de temperatura. Cuanto más se aproxime el coeficiente de expansión térmica de la resina al coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura. Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal.

- **Sorción Acuosa y Expansión Higroscópica.**

Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua. La absorción es también favorecida por las porosidades y las fisuras.

Esta propiedad está determinada principalmente por la probabilidad de penetración de las moléculas de agua en el polímero, y se relaciona con la cantidad de agua adsorbida por la superficie y absorbida por la masa de una resina en un tiempo y la expansión relacionada a esa sorción. La incorporación de agua en la resina, puede causar solubilidad de la matriz afectando negativamente las propiedades de la resina, éste fenómeno es conocido como degradación hidrolítica.

- **Resistencia a la Fractura.**

Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno, las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación.

- **Resistencia a la Compresión y a la Tracción.**

Las resistencias a la compresión y a la tracción son muy similares a la dentina. Está relacionada con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción.

- **Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido; en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico.

- **Estabilidad del color.**

Es importante destacar que las resinas fotopolimerizables son mucho más estables al cambio de color que aquellas químicamente activadas.

Las resinas compuestas sufren alteraciones de color debido a manchas superficiales y decoloración interna. Las manchas superficiales están relacionadas con la penetración de colorantes provenientes principalmente de alimentos y cigarrillo, que pigmentan la resina. La decoloración interna ocurre como resultado de un proceso de foto oxidación de algunos componentes de las resinas como las aminas terciarias.

- **Radiopacidad.**

Un requisito de los materiales de restauración de resina es la incorporación de elementos radio opacos, tales como, bario, estroncio, circonio, zinc, iterbio, itrio y

lantano. Un grado de radiopacidad mayor al del esmalte, puede ser útil en el diagnóstico de caries alrededor o debajo de la restauración.

- **Contracción por Polimerización.**

La contracción de polimerización de las resinas es un proceso complejo en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material que se transforman en tensiones cuando el material está adherido a las superficies dentarias.

Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 0.340 nm, esta distancia está dada por la fuerza de Van der Waals ejercidas por los elementos que conforman a cada monómero; al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 0.154 nm. Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros provoca la reducción volumétrica del material.¹²

2.2.2. Polimerización

Newton en 1704 presento la teoría corpuscular de la luz para explicar algunos fenómenos experimentales por entonces conocidos como la reflexión y la refracción que consiste en que la luz estaba formada por pequeñas partículas o corpúsculos que eran emitidos por una fuente, y al chocar con el ojo del observador estimulaban en él la percepción de la visión. Sin embargo, en 1678, un contemporáneo suyo, el físico y astrónomo Christian Huygens (La teoría de la ondulación), propusieron que la luz podía considerarse un tipo de movimiento ondulatorio, y fue capaz de explicar las leyes de la reflexión y refracción con la teoría ondulatoria. En aquella epoca, este comportamiento no podía explicarse con la teoría corpuscular.

¹²Ramos R. Historia de las resinas compuestas en odontología. Disponible: <https://es.scribd.com/doc/123513689/Historia-de-las-resinas-compuestas-en-odontologia-Realizado-por-Virginia-Garcia-Garcia>

En 1850 Foucault, midió la velocidad de propagación de la luz en el agua comprobando que era menor que en el aire acabando así con la teoría corpuscular de Newton.

Maxwell en 1873 que desarrollo una brillante teoría en la que se demostraba que la luz es una forma de onda electromagnética de alta frecuencia que viaja con una velocidad aproximada de 3×10^8 m/s. Sin embargo, a principios del siglo XX, el físico alemán Max Planck, retoma la teoría corpuscular de la luz al introducir el concepto de cuantificación para poder explicar la radiación emitida por cuerpos calientes. El modelo de cuantificación presupone que la energía de la onda luminosa se presenta en paquetes de energía llamados fotones.

Albert Einstein utilizó el mismo concepto para explicar el llamado efecto fotoeléctrico relacionado con la emisión de electrones por un metal expuesto a la luz. Hoy en día se considera que existe una dualidad onda-corpúsculo en lo referente a la naturaleza de la luz, dualidad que se extiende a todo tipo de ondas y partículas a escala microscópica, de forma que la luz unas veces se comporta como onda y otras como partícula.¹³

La luz, es una forma de energía radiante que viaja en ondas de diferentes longitudes y se ha comprobado que dichas ondas son transversales y de naturaleza electromagnética, con longitudes de onda entre 4×10^{-5} cm. y 7×10^{-5} cm. Esta energía radiante está localizada en la región de la longitud de onda detectable por el ojo humano.¹⁴

Existen ondas de dimensiones de hasta inferiores de nanómetros como los rayos cósmicos, como también podemos encontrar superiores a metros o sus múltiplos como las ondas de radio y televisión.

Entre ambos podemos encontrar la luz visible, constituido por radiaciones que el ser humano es capaz de reconocer con el sentido de la visión. Su rango se

¹³ Naturaleza de la luz. Universidad Politecnica de Madrid. 2010.

¹⁴ Carrillo, C. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Revista ADM. Mexico. 2009.

encuentra entre 400 y 700 nm (0,4-0,7 μ m), con las radiaciones que se perciben violetas en el límite inferior y rojas en el límite superior.¹⁵

Es importante mencionar, que cada color del espectro es específico de su longitud de onda y del número de oscilaciones, y que las longitudes de onda no presentan color, el color es creado en nuestros ojos y su comunicación con el cerebro.⁶

El proceso de fotopolimerización y en particular los protocolos de curado desarrollados en los últimos años, han tenido un papel relevante en el área de los materiales dentales; pero su uso, es muy variado y de gran éxito en distintas áreas de la ciencia y de la industria.

La polimerización se ha vuelto importantísimo en la odontología restauradora, porque también depende de esta el ascenso o descenso de las propiedades mecánicas y físicas de las resinas compuestas.

Los factores que pueden afectar la polimerización de las restauraciones incluyen la intensidad de la luz, el tiempo de exposición, y la longitud de onda en relación al tipo de fotoiniciador incorporado en el material resinoso.

Estudios demuestran que más del 37% de las restauraciones de resina son fotopolimerizadas insuficientemente en la clínica, y la mayoría de las veces se debe a unidades de fotopolimerización con intensidades de menos de 300mW/cm², descritas en la literatura como inadecuadas, inutilizables o inapropiadas.¹⁶

2.2.2.1. Fases de la polimerización

La polimerización es muy compleja y tiene numerosos pasos:

1. fase pre-gel:

Presenta un aspecto "gomoso".

En la fase pre-gel, las moléculas pueden deslizarse y adquirir nuevas posiciones y orientaciones, compensando el estrés de contracción de polimerización. En esta fase, el estrés de contracción generado no es transferido para la interfase de unión, debido a la capacidad de escurrimiento de las moléculas.

¹⁵ Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ª edición. Pag. 171-186.

¹⁶ Mrs. Melissa Warner. Principios de la Fotopolimerización. Revista Inside Dentistry. (2012).

Disponible: <http://www.dentalaegis.com/id/2012/03/principles-of-light-curing>

Las cadenas formadas tienen una cierta flexibilidad, capaz de absorber las tensiones generadas por la contracción sin transmitir las a la interfase adhesivo-diente.

Al principio, se forman cadenas poliméricas lineares, las cuales se van ramificando, formando cadenas cruzadas entre las cadenas lineares, constituyendo una verdadera red polimérica. A medida en que las cadenas poliméricas van aumentando en tamaño, aumentan también su peso molecular y su dureza. El momento en que la resina pasa del estado fluido para el estado viscoso es denominado **punto gel**.¹⁷

2. fase post-gel:

En esta fase las cadenas pierden la flexibilidad por lo que ya no son capaces de amortiguar las tensiones generadas las cuales pueden transmitirse a la capa adhesiva con el posible despegamiento puntual de la misma el cual puede originar los problemas clínicos ya conocidos.

La capacidad de escurrimiento de la resina queda restringida, debido al aumento de ligaciones cruzadas ya establecidas en la matriz. Toda fuerza de estrés de contracción generado a partir de ese punto será transferida para la interfase de unión diente-restauración.

La contracción total es definida como la suma de la contracción pre y post-gel.

Por lo anteriormente expuesto ya podemos intuir la conveniencia de alargar la fase pre-gel.

2.2.2.2. Factores del material

a. Tipo de fotoiniciador

El fotoiniciador más utilizado es la canforoquinona, que absorbe energía en un espectro de luz visible azul, entre 400 a 500 nm, con un peak de ideal de 468 nm. La energía (fotones) será absorbida por la molécula, la cual pasará para el estado

¹⁷ Milko Villaroel, C. Fotopolimerización de Resinas Compuestas y Conceptos Afines. Artículo Científico. 2008.
Disponible: <http://www.materialesdentales.cl/darticulos.php?p=1&art=articulo2>

excitado o estado tríplice. Para acelerar esta reacción de polimerización, es adicionada una cantidad razonable de amina a los componentes.

La canforoquinona pertenece al grupo de las diacetonas. Permanece en estado excitado, este colide con la amina, ocurre la transferencia de electrón, resultando en la formación de radical libre. Este radical libre es una molécula extremadamente reactiva, con electrón libre en la región externa, procurando desesperadamente formar un enlace covalente. Este radical libre irá a reaccionar con el monómero, que posee un enlace doble de carbono (C=C), que irá a iniciar la reacción. De esta forma se inicia la reacción en cadena, en la cual el enlace doble de carbono, reacciona con el radical, pasando a tener un electrón libre que está listo para reaccionar con otro enlace doble de carbono. La reacción de polimerización solo terminará cuando dos radicales complejos estén próximos. Si el oxígeno estuviera presente, los radicales libres irán preferentemente a reaccionar con él, formando un radical de peróxido, poco reactivo, generando la inhibición de la polimerización. Cuanto mayor la intensidad de luz, mayor número de fotones estarán presentes y cuanto mayor sea el número de fotones presentes, mayor el número de moléculas de CQ que irán a alcanzar el estado excitado, para reaccionar con la amina y formar radicales libres. Así cuanto, mientras mayor sea la intensidad de luz, mayor será la extensión de la polimerización de la resina compuesta.

Últimamente, ciertos composites incluyen PPD (1-fenil-1,2-propandiona). Pasa que la canforoquinona es de un color amarillo intenso, por ello no es deseada en las resinas de colores muy blancas o translúcidas. En ese sentido los fabricantes optan por otros fotoiniciadores los cuales requieren una energía con longitud de onda menores (<430nm) para su activación.

La principal diferencia entre ambos iniciadores radica en el espectro de longitud de onda en el que se activan.¹⁸

¹⁸ Nocchi Conceicao. Odontología restauradora estética y salud. Editorial medica Panamericana. 2da Edición.

b. Color

Los colores más oscuros contienen pigmentos más opacos que ocasionan fenómenos de dispersión de la luz, por lo que necesitan de un mayor tiempo de aplicación de luz para conseguir una correcta fotopolimerización.

c. Grosor de la capa de composite

Este aspecto no está motivado por el grado de polimerización, sino porque a mayor grosor de la capa más contracción de polimerización se producirá, lo que puede ocasionar despegamientos de la capa adhesiva con la correspondiente implicación clínica.⁹

2.2.2.3. Factores del foco de luz

a. Longitud de onda. - Debería abarcar los picos de máxima activación de los diferentes tipos de fotoiniciadores, para permitimos utilizar cualquier material restaurador fotopolimerizable.

b. Distancia. - La efectividad de la radiación lumínica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Este hecho implica que pequeñas variaciones en la distancia entre el foco de luz y el material implican grandes pérdidas en la intensidad. Por lo tanto, la punta de la guía de luz deberá estar lo más próxima a la superficie del material restaurador.

c. Intensidad. - La intensidad mínima que debemos exigirle a la lámpara es de 350-400 mW/cm². Con la finalidad de realizar las comprobaciones rutinarias resulta de incuestionable interés la tenencia de un radiómetro, que, en caso de no venir incorporado a la lámpara, puede adquirirse de forma separada. Cualquier descenso de la intensidad por debajo de estos valores nos hará sospechar de un defecto de la bombilla, del filtro, o de la guía de luz (pequeñas fracturas o depósito de restos de composite o minerales por acción de la autoclave).

d. Tiempo de exposición. - con las lámparas halógenas actuales debe ser de 40 segundos por capa. Si bien hay composites que se polimerizan bien en 20 segundos, es posible que en ciertos momentos nos separemos de la superficie del

material, lo que ocasionaría una disminución de la intensidad efectiva. Si aplicamos la luz 40 segundos por capa estamos compensando este posible suceso.

Es sabido que las lámparas de alta intensidad (plasma, láser, LED) consiguen la polimerización en menos tiempo. No obstante, a la velocidad de polimerización no es directamente proporcional a la intensidad de la luz. Si doblamos la intensidad de la lámpara, por ejemplo, de 400 a 800 mW/cm² no disminuiríamos el tiempo de polimerización a la mitad, sino que lo haremos un 1,44 más rápido, es decir que pasaremos de necesitar 40 segundos a 400 mW/cm² a 27 segundos por capa al doblar la intensidad.

2.2.2.4. Tipos de fotopolimerización:

A. Continua: aplicación de una intensidad de luz constante durante el tiempo de aplicación.

B. Discontinua: Variación de la intensidad en función del tiempo. Dentro de este tipo las más utilizadas son las técnicas de fotopolimerización inicial a baja intensidad, ya que son las que parece ser que mejoran las propiedades del composite. Son tres las técnicas empleadas:

1. fotopolimerización en dos pasos

1ª fase a baja intensidad (100-250 mW/cm²).

2ª fase a alta intensidad (500-900 mW/cm²).

2. fotopolimerización progresiva o "en rampa"

Es como la anterior pero la elevación de la intensidad está programada en la lámpara y es progresiva.

3. fotopolimerización diferida

- Primeros incrementos a 600 mW/cm² durante 10"
- Última capa a nivel de esmalte a 200 mW/cm² durante 3"
- Modelado y pulido

- A los 3-5' se aplica a 600 mW/cm² durante 10" por vestibular, por lingual y por oclusal. Se consigue un endurecimiento de las capas superficiales con alargamiento de la fase pre-gel de las capas más profundas.¹⁹

2.2.2.5. Tipos de unidades de fotopolimerización

Lámparas Halógenas de Cuarzo de Tungsteno (QTH)

Estas lámparas contienen una lámpara incandescente con un filamento de tungsteno en un gas inerte, con una pequeña cantidad de halógeno. Una corriente eléctrica calienta el tungsteno a 2.727° C, creando luz visible y radiación infrarroja, que es absorbida por el composite y resulta en una gran vibración molecular y generación de calor. Esta generación de calor requiere de un ventilador de refrigeración que puede ser ruidoso y resultar en una "trampa biológica". La luz es filtrada a aproximadamente 390nm a 500nm, que es capaz de polimerizar todos los composites, pero el desafío con estas lámparas es que usan sólo el 9% de la energía producida, con una vida de la bombilla de aproximadamente 30 a 50 horas antes de que empiecen a desnaturalizarse y necesiten reposición. El filtro puede acumular polvo, agrietarse o delaminarse, lo que puede alterar las longitudes de onda transmitidas, permitiendo la emisión de rayos UV dañinos. Además, las puntas estrechas emiten un haz de luz angosto, por lo que pueden requerir de múltiples ciclos de polimerización en restauraciones extensas.

Lámparas de Arco de Plasma

Estas lámparas tienen una bombilla formada por un recipiente de óxido de aluminio a alta presión, que contiene un gas xenón altamente presurizado por debajo de 150 psi. La forma interna está específicamente diseñada para reflejar la luz entre dos electrodos y el arco es de aproximadamente 1mm de largo, lo que permite un haz de luz muy concentrado. Los desafíos de esta lámpara incluyen

¹⁹ Sánchez, LA; Espías, AF. La fotopolimerización en 2002. Revista Scielo. Disponible: <http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v20n6/original2.pdf>

una alta emisión infrarroja y ultravioleta y un gran radiador para eliminar la gran cantidad de calor producida por la lámpara. El recambio de las bombillas puede costar unos 600 dólares. Las unidades de base son grandes y pueden requerir un cable lleno de líquido que puede deteriorarse con el tiempo. Estas lámparas costosas pueden no polimerizar toda la foto iniciadora y las puntas estrechas de las guías emiten un haz de luz de diámetro pequeño.

Lámparas de Láser Argón

Este tipo de unidades generan luz cuando la energía es aplicada a un átomo, elevando un electrón a un nivel de energía más alto e inestable. El electrón retornará al nivel estable liberando luz en un medio de gas argón. Estas lámparas tienen unidades de base grandes y pesadas que no son muy portátiles. Las puntas de las guías son pequeñas, haciendo necesarios múltiples ciclos de polimerización. La polimerización rápida puede provocar un gran aumento de temperatura y una tensión de contracción considerable, lo que puede ocasionar problemas de sensibilidad postoperatoria. Estas lámparas pueden no polimerizar todos los materiales de resina, y son muy costosas.

Lámparas de Polimerización LED (Diodo Emisor de Luz)

Las lámparas LED han atravesado numerosas generaciones. La primera generación tenía un espectro de emisión estrecho que podía activar a las canforoquinonas pero no a otros fotoiniciadores, por lo que no podía polimerizar por completo algunos materiales de resina. Su poder y emisión de energía eran bajos, requiriendo de elevados tiempos de polimerización para una polimerización completa. Las puntas generaban un haz de luz pequeño y las lámparas tenían un tiempo de funcionamiento continuo insuficiente antes de apagarse. Las lámparas de polimerización LED de segunda generación tienen un mayor poder de emisión de energía fotónica. Sin embargo, tienen un diodo de color con un espectro de emisión estrecho que no polimeriza todos los composites. Muchas son inalámbricas; todas las baterías tienen una expectativa de vida limitada y su reposición es costosa. Algunas tienen ventiladores que son ruidosos y pueden resultar en una trampa biológica. Las puntas de luz son frágiles y pueden

romperse con facilidad. Muchas de estas lámparas tienen la limitación de ser inadecuadas para la operación continua, como sería necesario para cementar múltiples coronas, puentes o carillas.⁵

2.2.3. Cizallamiento

Cuando una fuerza externa o carga actúa sobre un cuerpo sólido, este responde con una fuerza que es de igual magnitud, pero de dirección opuesta a la fuerza aplicada. Esto en otras palabras, es el principio de acción y reacción de Newton.

La fuerza de cizallamiento suele resistir el desplazamiento o movimiento de una parte de un cuerpo sobre otro. La fuerza de cizallamiento también puede ser producida por la acción de torsión sobre el material. Como ejemplo serio la fuerza que se aplica sobre el esmalte con un instrumento de borde afilado, paralelo al interfase entre el esmalte y el bracket de ortodoncia. Los brackets se despegaron a causa de la fuerza de cizallamiento sobre el agente de cementado de resina.

La fuerza de cizallamiento se calcula dividiendo la fuerza por el área paralela a la dirección de la fuerza.²⁰

2.2.4. Resinas del estudio

2.2.4.1. Filtek™ Bulk Fill®

Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores de 3M ESPE es una resina de restauración visible y fotoactivada que ha sido optimizada para crear restauraciones posteriores más sencillas y rápidas. Este material de relleno en bloque proporciona una excelente fuerza y un desgaste bajo. Los tonos son semitraslúcidos y se polimerizan con un estrés mínimo, lo cual proporciona una profundidad de polimerización de 5 mm. Con una excelente retención de pulido, la resina para posteriores Filtek™ Bulk Fill también es ideal para restauraciones anteriores que requieren de un tono semitraslúcido. Todos los tonos son radiopacos. Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores está disponible en los tonos A1, A2, A3, B1 y C2.

²⁰ Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice Elsevier. Undecima edición. Pag. 78

Características del producto

- Presentación en jeringas de 4.0 gramos. Las jeringas son color esmeralda, con etiquetas blancas y designaciones de tonos.
- Cinco tonos: A1, A2, A3, B1, C2.
- Restauraciones Clases II, profundidad de fotocurado de 5 mm para todos los tonos.

2.2.3.1.1. Indicaciones de uso.

- Restauraciones anteriores y posteriores directas (incluyendo superficies oclusales).
- Base /liner bajo restauraciones directas.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulización.
- Restauraciones indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas.
- Restauraciones de dientes deteriorados.
- Sellado de surcos y fisuras en molares y premolares.
- Reparación de defectos en restauraciones de porcelana, esmalte y temporales.

2.2.3.1.2. Composición

Los materiales de relleno son una combinación de sílice no aglomerado/no agregado de 20 nm, zirconia aglomerada/no agregada de 4 a 11 nm y un compuesto de zirconia/sílice agregados (constituido por partículas de sílice de 20 nm y partículas de zirconia de 4 a 11 nm), además de un material de relleno de trifluoruro de iterbio en un aglomerado de partículas de 100 nm. La carga de material de relleno inorgánico es de aproximadamente 76.5% por peso (58.4% por volumen). Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores contiene AUDMA, UDMA, y 1, 12-dodecanediol-DMA. Filtek™ Bulk Fill se aplica al diente después de usar un adhesivo dental con base de metacrilato, como los fabricados por 3M ESPE, que adhieren la restauración a la estructura dental de manera permanente. La resina para posteriores Filtek Bulk Fill está disponible en jeringas tradicionales.

Rellenos

Los materiales de relleno incluidos en Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores fueron diseñados para maximizar la fuerza, la resistencia al desgaste y la radiopacidad, así como para minimizar la contracción y conservar la facilidad de manipulación. El sistema de relleno de Filtek™ Bulk Fill es el mismo que se encuentra en Filtek™ Z350 Resina Universal, optimizado con la adición de un aglomerado de partículas de trifluoruro de iterbio (YbF_3) de 100 nm, para incrementar la radiopacidad. Los rellenos restantes son una combinación de sílice no aglomerado/no agregado de 20 nm, zirconia aglomerada/no agregada de 4 a 11 nm y un agregado de relleno en cluster de zirconia/silica (constituido por partículas de sílice de 20 nm y partículas de zirconia de 4 a 11 nm), lo que hace que la carga total de material de relleno inorgánico sea de aproximadamente 76.5 por peso (58.4% por volumen).

2.2.3.1.3. Propiedades físicas

Profundidad de polimerización de 4 mm

Existen varios métodos para caracterizar la extensión de la polimerización en resinas fotocuradas. Uno es el scrapeback [raspado], que es la base del método de profundidad de polimerización descrito por la norma ISO 4049:2009. En este estándar ISO, la resina sin polimerizar se coloca en un molde cilíndrico de acero inoxidable y se fotocura desde un extremo del molde. El material se extrae inmediatamente del molde y se raspa la resina que no se alcanzó a polimerizar o recibió un bajo nivel de polimerización en el extremo más alejado de la luz. Luego se mide la longitud de la resina “polimerizada” restante y se divide entre dos. Esta longitud suele redondearse al valor entero más cercano y se considera como la profundidad de la polimerización. Esto proviene de la especificación contenida en el estándar ISO 4049, que permite una profundidad de polimerización de 0.5 mm más respecto a la mitad de la medida del raspado posterior. Se ha demostrado que la extensión de la polimerización través de esta longitud disminuye desde el extremo más cercano a la luz (donde se encontraba el punto más alto de

intensidad) hasta el extremo donde se raspó el material sin polimerizar. En la misma investigación se demostró que la extensión de la polimerización a la mitad de la longitud del área raspada equivale aproximadamente al 90% de la polimerización máxima. A continuación, se muestra la profundidad de polimerización para los tonos indicados de Filtek™ Bulk Fill Restaurador para Posteriores, que se midió con el estándar ISO 4049 y una polimerización de 20 segundos con Elipar™ S10 Lámpara de Fotopolimerización LED de 3M ESPE, usando la guía de luz de 10 mm.

Otro método común para evaluar la extensión de la polimerización es la prueba de la microdureza que, como se ha demostrado, está correlacionada con la extensión de la polimerización. Como en el método ISO, es frecuente colocar la resina sin polimerizar en algún tipo de molde y fotocurarla desde un ángulo del molde. Después se extrae esta muestra y se mide la dureza en toda su longitud. En vez de reportar el valor medido de la dureza real, es más significativo equiparar la dureza en cualquier punto dado de la muestra como un porcentaje de la dureza máxima alcanzada. Se ha demostrado que, en varias resinas diferentes, el 80% de la dureza máxima se asocia con el 90% de la polimerización máximo.

La relevancia clínica de ambas pruebas, tal como fueron descritas anteriormente, se desconoce aún. En otras palabras, la profundidad de polimerización que se requiere para una restauración duradera no ha sido determinada. Algunos investigadores han sugerido como umbral mínimo un 80% de la microdureza máxima (equivalente a la mitad de la longitud scraped-back definida en el estándar ISO). Este umbral recomendado, sin embargo, no se basa en estudios clínicos o en modelos de laboratorio que involucren dientes extraídos. Recientes estudios de laboratorio con dientes humanos extraídos han sugerido un límite menor de polimerización, en 73% de microdureza máxima o en 80% de polimerización máxima.

2.3. Definición de términos básicos

- **Cizallamiento:** Instrumento a modo de tijeras grandes, con el cual se cortan en frío las planchas de metal. En algunos modelos, una de las hojas es fija.²¹
- **In vitro:** Es una técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo. Producido en el laboratorio por métodos experimentales.²²
- **Lámpara halógena.** Son equipos que contiene diodos de galio-nitrato que producen un estrecho espectro de luz entre los 400 y 500 nm, pero posee la característica de concentrarse en el rango específico de absorción máxima de la canforquinona (465 nm).²³
- **MPa:** Para fines del presente estudio la resistencia al cizallamiento se cuantificará en Mega Pascal que equivale a 10 Kilogramos fuerza/cm²; 1 MPa = 10Kgf/cm².
- **Resina:** Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.²⁴
- **Resina compuesta:** un compuesto es una pasta de material restaurador basado en resina que actúan como un aglutinador orgánico, junto a un sistema que produce la polimerización.²⁵
- **Resinas Nanopartículas:** resinas compuestas que en su componente inorgánico tienen nanopartículas de 0,02 - 0,075µm (20 - 25nm) y partículas más grandes o tradicionales.²⁶

²¹Cizalla. Real Academia Española © Todos los derechos reservados.2017.

²² In vitro. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.

²³ Jorquera C. Lámparas de Polimerización con Diodos Emisores de Luz (LED). MaterialesDentales.cl © todos los derechos reservados.2008

²⁴ Resina. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.

²⁵ Cova JL. Resina compuesta. Biomateriales dentales. Segunda edición. Pag. 246.

²⁶ Cova JL. Resina nanopartícula. Biomateriales dentales. Segunda edición. Pag. 258

- **Resistencia:** Es la capacidad de un sólido para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, deformarse o dañarse. Fuerza que se oponga a la acción de otra fuerza.²⁷

²⁷ Resistencia. Real Academia Española © Todos los derechos reservados.2017.

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Formulación de la hipótesis principal y derivada

Hipótesis general

H₀: A=B No existe diferencias in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018.

H₁: A≠B Existe diferencias significativas in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

3.2. Variables; definición conceptual y operacional

3.2.1. Identificación de las variables

Variable Independiente: Filtek bulk fill®

Variable dependiente: Resistencia de cizallamiento

Variable de control: Fotocuración

- Fotocuración directa (Continua)
- Fotocuración indirecta o rampal (discontinua)

3.2.2. Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TITULO: ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	VALOR FINAL	ESCALA	TECNICA
Resina compuesta FILTEK™ BULK FILL®	Marca Comercial	Si No	Nominal dicotómico	Mediciones Biológicas
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	VALOR FINAL	ESCALA	INSTRUMENTO
Resistencia de cizallamiento	Es la resistencia que ofrece un material al ser flexado cuando se aplica una fuerza al centro del material.	Mpa	Razón	Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG. Vernier digital de 200 mm marca Mitutoyo (Instrumento mecánico)
VARIABLE DE CONTROL	INDICADORES	VALOR FINAL	ESCALA	INSTRUMENTO
Técnica de Polimerización	Son técnicas con diferentes procedimientos de polimerización a una resina compuesta.	Técnica directa	Nominal	Lámpara LED 1000 Mw/cm ²
		Técnica indirecta o rampal	Nominal	Lámpara LED 450 - 1000 Mw/cm ²

CAPITULO IV: METODOLOGIA

4.1. Diseño metodológico

4.1.1. Tipo de investigación

Para los fines de la investigación se tomó en cuenta la clasificación operativa del Dr. Altams Douglas y la Dra. Canales la misma que es de carácter exhaustivo y excluyente como se indican a continuación²⁸

– **Según la manipulación de la variable**

Experimental: porque existe la intervención del investigador ya que se aplicará una fuerza de cizallamiento a la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL®.

– **Según la fuente de toma de datos**

Prospectivo: La fuente de recolección de datos será directa. Porque las mediciones se realizarán directamente en los cilindros elaborados.

– **Según el número de mediciones**

Transversal: Se va a realizar una sola medición en la muestra.

– **Según el número de variables o analizar**

Analítico: Porque hace analítica de las variables aleatorias.

4.1.2. Nivel de investigación:

Explicativo.²⁹

4.1.3. Diseño de investigación

Corresponde al grupo de estudio aleatorizado, con grupo control externo (técnica de polimerización). El diagrama que corresponde a este diseño es el siguiente:³⁰

²⁸ Argimon- Pallás J, Jimenez -Villa J. Bases metodológicas de la investigación clínica y epidemiológica. 4ta Ed. Elsevier. España. 2015. 30 p

²⁹ Carrasco S. Metodología de la investigación Científica. 2da Ed. Editorial San Martin E.I.R.L. Lima Perú. 2017. 42 p

GE₁	A	X	O ₁
GE₂	A	X	O ₂

GE₁= Grupo de resina compuesta FILTEK™ BULK FILL®. (Fotopolimerización continua)

GE₂= Grupo de resina compuesta FILTEK™ BULK FILL®. (Fotopolimerización discontinua)

A = Aleatorización para la conformación de los grupos

X = Manipulación de la variable en los grupos experimentales con la aplicación de dos técnicas de fotopolimerización.

O₁= Resistencia al cizallamiento en el grupo experimental 1 (GE₁)

O₂ = Resistencia al cizallamiento en el grupo experimental 2 (GE₂)

4.2. Diseño muestral

4.2.1. Población universo

La población de interés estuvo constituida por la resina compuesta nanotecnológica Filtek bulk fill®.

4.2.1.1. Criterios de inclusión

- Bloques de medida de 3mm de diámetro y 3mm de altura (resina reparadora), bloques de base de 4mm de diámetro y 4mm de altura (base).
- Mango de acrílico rosado de 8mm de diámetro y 1cm de altura.
- Bloques de resina en la que se haya utilizado la presión recomendada por el fabricante.
- Bloques con fotopolimerización continua y discontinua.
- Lámparas halógenas en buenas condiciones (control de la potencia y distancia).

³⁰ Sanchez-Carrlessi H, Reyes-Meza C. Metodología y diseños en la investigación científica. 2da Ed. Editorial Mantaro.pag. 101-102

4.2.1.2. Criterios de exclusión

- Bloques de resinas con medidas inadecuadas.
- Bloques de resina en donde no se haya utilizado la presión indicada.
- Barómetro en mala calidad.
- Bloques que presenten burbujas.
- Lámparas halógenas en malas condiciones.

4.2.2. Determinación del tamaño muestral

Para el muestreo se tomó en cuenta los resultados obtenidos por Santa Cruz, YM que encontró que la resina compuesta de nanopartículas Z350 polimerizada con técnica soft start presenta la media más alta para resistencia a la flexión $163.52 \text{ Mpa} \pm 21,6$ y especímenes polimerizados con técnica Rampa presentó $(144.77\text{Mpa}) \pm 31,5$ con una diferencia de media de 18,75. ⁴

Datos:

Grupo 1:

Media $163,52 \pm 21,6$

Varianza= $(21,6)^2=466,56$

Grupo 2:

Media $144,77 \pm 31,5$

Varianza= $(31,5)^2=992,25$

Diferencia de medias: $163,52 - 144,77= 18,75$

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 * (S_1^2 + S_2^2)}{(X_1 - X_2)^2}$$

α = Error tipo I	α =	0.05
$1 - \alpha/2$ = Nivel de Confianza a dos colas	$1 - \alpha/2 =$	0.95
$Z_{1-\alpha/2}$ = Valor tipificado	$Z_{1-\alpha/2} =$	1.96
β = Error tipo II	$\beta =$	0.20
$1 - \beta$ = Poder estadístico	$1 - \beta =$	0.80
$Z_{1-\beta}$ = Valor tipificado	$Z_{1-\beta} =$	0.84
Varianza del grupo 1 (S=21,6)	S^2	466.56
Varianza del grupo 2 (S=31,5)	S^2	992.25
Diferencia propuesta	$d =$	18.75
Tamaño de grupo	$n =$	32,57

Reemplazando en la fórmula obtenemos

$$n = 32,57 = 33$$

Ajuste al 1% por pérdidas del tamaño muestral: $1/100 = 0.01$

Muestra ajustada a las pérdidas = Muestra (1)

$$\text{Muestra ajustada a las pérdidas} = \frac{33 (1)}{1 - R}$$

$$\text{Muestra ajustada a las pérdidas} = \frac{33}{0,99}$$

Muestra ajustada a las pérdidas = 33,3 = 34 bloques de resina.

4.2.3. Selección de los miembros de la muestra

Se realizó un muestreo probabilístico por azar simple. La muestra de la investigación estará conformando por bloques de resinas distribuidos en dos grupos con 17 muestras de cada uno;

Grupo 1 (n=17): conformado por muestras con fotopolimerización continua

Grupo 2 (n=17): conformado por muestras con fotopolimerización discontinua

N°	Grupo 1: n=17 (aleatorización)	Grupo 2: n=17 (aleatorización)
1	3	1
2	4	2
3	7	5
4	8	6
5	9	12
6	10	16
7	11	18
8	13	19
9	14	21
10	15	26
11	17	27
12	20	28
13	22	29
14	23	30
15	24	31
16	25	33
17	32	34

Fuente: Epidat (programa para análisis epidemiológico de datos)

4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

4.3.1. Técnicas

Mediciones biológicas: La elaboración de las 34 muestras se trabajaron de la siguiente manera: Primero se confeccionaron 34 cilindros de la resina filtek bull fill con una medida de 4 mm de diámetro y 4mm de altura (base) en una matriz metálica, siguiendo la técnica incremental, estas se polimerizaron cada incremento de 2 mm durante 20 seg. Con una lámpara Led de fotocurado. Estos cilindros de resina ya polimerizados fueron sometidos a un proceso de maduración sumergiéndolos en agua destilada a 37°C por 24 horas. Posteriormente se preparó una de las superficies de cada uno de los cilindros: se asperizó pasando 5 veces un disco abrasivo de óxido de aluminio (Soft-Lex). Cada pasada tuvo una duración de 2 segundos y se realizó en una sola dirección. Luego se hizo un grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos, se lavó con agua de la jeringa triple por 15 segundos y posteriormente se secó con aire comprimido en forma suave. Se aplicó una capa de Silano la cual se dejó actuar durante 1 minutos y luego se secó

suavemente con aire comprimido. Posterior a ello, se aplicó una capa de adhesivo y se polimerizara por 20seg. Sobre estas 35 superficies preparadas se confeccionaron cilindros de resina compuesta de 3 mm de altura por 3 mm. de diámetro usando una matriz metálica, de modo que los nuevos cilindros quedaron adheridos a los antiguos. Estas fueron divididas en dos grupos: Grupo 1: 17 muestras polimerizadas por 20 seg. Con la técnica directa con una lámpara LED es de 1000 mW/cm². Grupo 2: 17 muestras polimerizadas con la técnica indirecta o rampal con una lámpara LED tiene una intensidad al inicio de 440 mW/cm² y finalizando con 1000 mW/cm².

De esta forma se aseguró que todas las muestras obtenidas fueran de igual tamaño y polimerizadas adecuadamente.

Sobre el cual posteriormente se confeccionaron mangos acrílicos (acrílico rosado) de 8 mm y una longitud de 1 cm de promedio. **Abrazando la resina base.**

4.3.2. Instrumento

Instrumento mecánico (Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG, Vernier digital de 200 mm marca Mitutoyo): Para garantizar la calidad de los datos se solicitó a la institución donde se realizó las mediciones la fecha de vigencia de calibración del instrumento mecánico, además del aval con la firma del perito en una hoja membretada que formalice las mediciones realizadas.

4.3.3. Validez del instrumento

4.3.3.1. Validación cualitativa: Dado que el instrumento que se utilizó fue “MECANICO” (Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG, Vernier digital de 200 mm marca Mitutoyo) no es posible someter a los criterios cualitativos de validez racional, validez de respuesta que son imperativos solo para instrumentos documentales; sin embargo se acudió a tres juicios de expertos en la línea de investigación

con el propósito de conocer su opinión con respecto a la relevancia, coherencia, suficiencia y claridad de la ficha donde se consignaron los datos proporcionados por el perito (**ver anexo N° 3**).

4.3.3.2. Validación cuantitativa: A fecha de las mediciones se verificó la vigencia de “CALIBRACIÓN” del instrumento mecánico (Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG, Vernier digital de 200 mm marca Mitutoyo), además se avaló las mediciones con el documento membretado emitido por el laboratorio High Technology Laboratory Certificate con N° IE-026-2018 (**ver anexo N° 2**).

4.4. Técnicas de procesamiento de la información:

a. Ordenar los datos

Esta etapa del procesamiento de la información consistió en determinar la totalidad de los datos, se discriminó los datos intangibles e incongruentes.

b. Clasificación de datos.

La clasificación de los datos fue exhaustiva y excluyente para todos los hallazgos que reportó en el informe N° IE-026-2018.

c. Codificar datos

A cada variable categorizado se le adjudicó un código y en caso sea numérica (MPa) este se trabajó en su condición natural.

d. Tabulación de datos

La información fue ingresada en base de datos SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22 complementado con el paquete estadístico Minitab versión 18 para consolidar y totalizar en cifras a los datos obtenidos y generar información a través de los valores representativos y de estas el conocimiento para facilitar su posterior análisis e interpretación.

4.5. Técnicas estadísticas utilizadas en el análisis de la información

4.5.1. Estadística descriptiva:

Medidas de localización o tendencia central:

Media aritmética: Se calculó sumando la resistencia al cizallamiento en MPa de todas las mediciones y dividiendo por el total de bloques de resina; además se determinó el intervalo de confianza al 95,0% para lo cual se utilizó el siguiente algoritmo matemático:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Intervalo mínimo= media – 1.96 (error típico de la media)

Intervalo máximo= Media + 1.96 (error típico de la media)

Mediana: Se procedió hallar el dato de la resistencia al cizallamiento en MPa que divide al conjunto de datos obtenidos en dos partes iguales, es decir el 50,0% de los datos es menor que ella y el 50% de los datos mayor y que para fines del análisis se utilizó el siguiente algoritmo matemático:

$$Md = \frac{n+1}{2}$$

Moda: Se procedió hallar resistencia al cizallamiento en MPa que se presenta con mayor frecuencia.

Medidas de dispersión o variabilidad

Rango o recorrido: Diferencia entre el valor máximo y mínimo de la resistencia al cizallamiento en MPa en una serie.

Error típico: Es la media de las desviaciones respecto a la media aritmética.

Desviación típica o estándar: Para conocer como se distribuye los valores alrededor de la media.

Rango intercuartilico: Para hallar la diferencia entre el percentil 75 y el 25 para cuantificar la dispersión de la media.

4.5.2. Estadística inferencial

Se procedió a la contrastación empírica de la hipótesis bajo el procedimiento del ritual de significancia estadística planteado por Ronald Fisher como a continuación se detalla:³¹

HIPÓTESIS GENERAL

– Formulación de la hipótesis estadística

H₀: A = B No existen diferencias in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018.

H₁: A ≠ B Existe diferencias significativas in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

– **Nivel de significancia:** 0.05 = 5%

– **Elección de la prueba estadística:** Si los datos presentan distribución normal se recurrirá a la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes, en caso no presente distribución normal se recurrirá a la U de Mann de Whitney

– **Toma de decisión:** Si la prueba calculada es mayor o igual al valor crítico se rechazará la hipótesis nula mientras que en caso que la prueba calculada sea menor al valor crítico se aceptará la hipótesis nula.

– **Interpretación del p- valor:** Si el p-valor es menor al nivel de significancia se rechazará la hipótesis nula mientras que si este es igual o mayor al nivel de significancia se aceptará la hipótesis nula.

³¹ Rius-Díaz F, Barón López FJ. Bioestadística. España. Thompson Editores Spain. 2005. 11-21 pp

4.5.3. Estadística probabilística

Se trabajó el intervalo de confianza al 95,0% ($IC_{95\%}$) de la media para conocer las probabilidades de encontrar los mismos resultados en otro tiempo y espacio.

CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis descriptivo, tablas de frecuencias, gráficos, dibujos

Tabla N^o 1: Resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

Fotopolimerización	Estadística descriptiva		Diferencia de las medias		
	Media	DE	Diferencia	IC 95,0%	
Continua	15,50	6,6	-4,841	Mínimo	Máximo
Discontinua	20,34	6,2		-9,34179	-0,34056

En la tabla y figura N^o 1 se muestra que el grupo de resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua tuvo mayor resistencia al cizallamiento con una media=20,34 ± 6,2 en comparación a la fotopolimerización continua media=15,5 ± 6,6; con una diferencia de medias de -4,84118 IC_{95%} [-9,34179 a -0,34056].

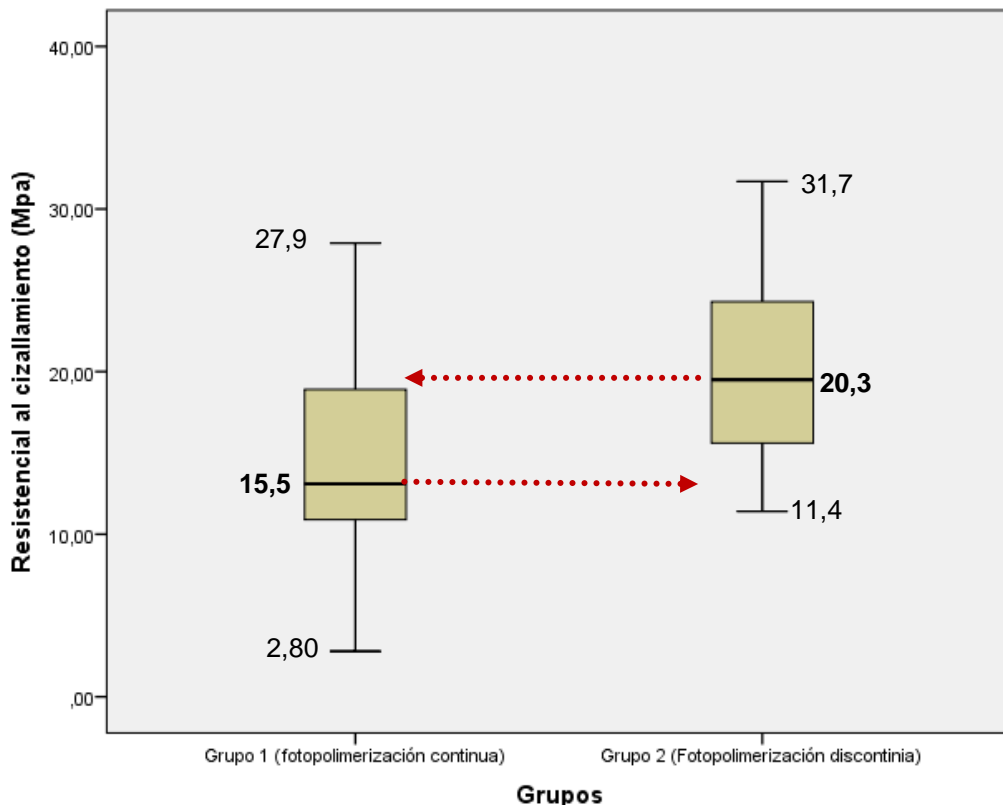
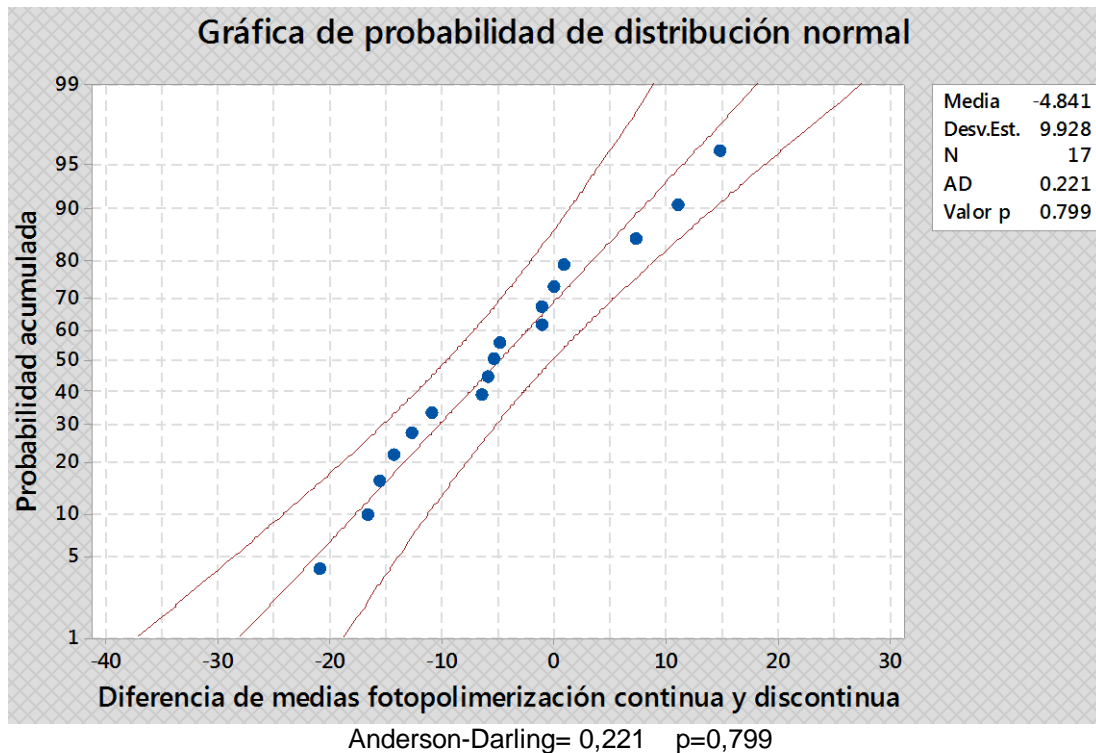


Figura N^o 1-A: Diferencias en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

En la gráfica de probabilidad de distribución normal de Anderson Darling se observa que la diferencia de medias de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua presentaron distribución normal (AD=0,221 p=0,799) **ver figura 1-B**

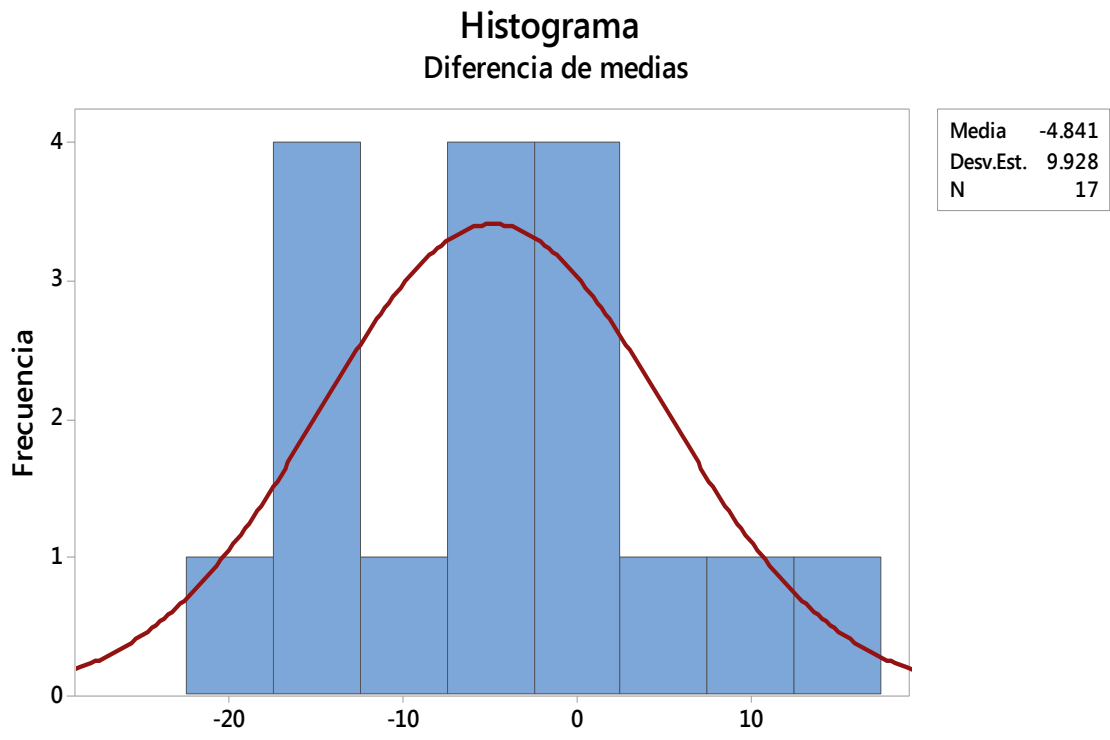


AD= Anderson Darling

N=Muestra

Figura Nª 1-B: Distribución normal de la **diferencia de medias** entre la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua según la prueba Anderson Darling

En el histograma se observa que la diferencia de medias entre la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua fue negativa en 10 casos; con diferencias de -20; -10 y fue positivo solo en 7 casos con diferencias de 0 y 10 Mpa (**ver figura N° 1-C**)



Diferencia resistencia al cizallamiento= Fotopolimerización continua - continua

Figura N° 1-C: Histograma de las diferencias a la resistencia al cizallamiento entre la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua.

Grupo I: FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACIÓN CONTINUA

Tabla N° 2: Resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018

Muestra cilíndricas de resina Grupo I: Fotopolimerización continua	Resistencia al cizallamiento MPa
1	16,30
2	26,10
3	27,90
4	24,10
5	16,30
6	10,70
7	9,50
8	10,90
9	12,20
10	13,10
11	21,80
12	18,40
13	10,70
14	11,70
15	12,10
16	2,80
17	18,90

Fuente: Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG.

Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión				Medidas de posición			
Media	Mediana	Moda	DE*	Mínimo	Máximo	CV**	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R.I.C
15,5	13,1	10,7	6,6	2,8	27,9	0,429	10,8	13,1	20,3	9,55

DE= Desviación estándar

CV= Coeficiente de variación

Q1= Cuartil 25,0%

Q2= Cuartil 50,0%

Q3= Cuartil 75,0%

R.I.C=Rango intercuartilico

En la tabla y figura N° 2 se observa que la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua estuvo comprendido entre 2,8 Mpa a 27,9 Mpa con un promedio de $15,5 \pm 6,6$; con un $IC_{95\%}$ para la media=

[12,337 – 18,667]; con un coeficiente de variación de 0.429 podemos afirmar que los datos obtenidos **son heterogéneos** con un rango intercuartilico 9,55 Mpa.

En el histograma se observa que los datos no describen una curva normal encontrándose resistencia al cizallamiento menor a 5 Mpa; 30 Mpa en un caso y 10 Mpa en 10 casos lo que determina que los datos obtenidos son heterogéneos.

Histograma

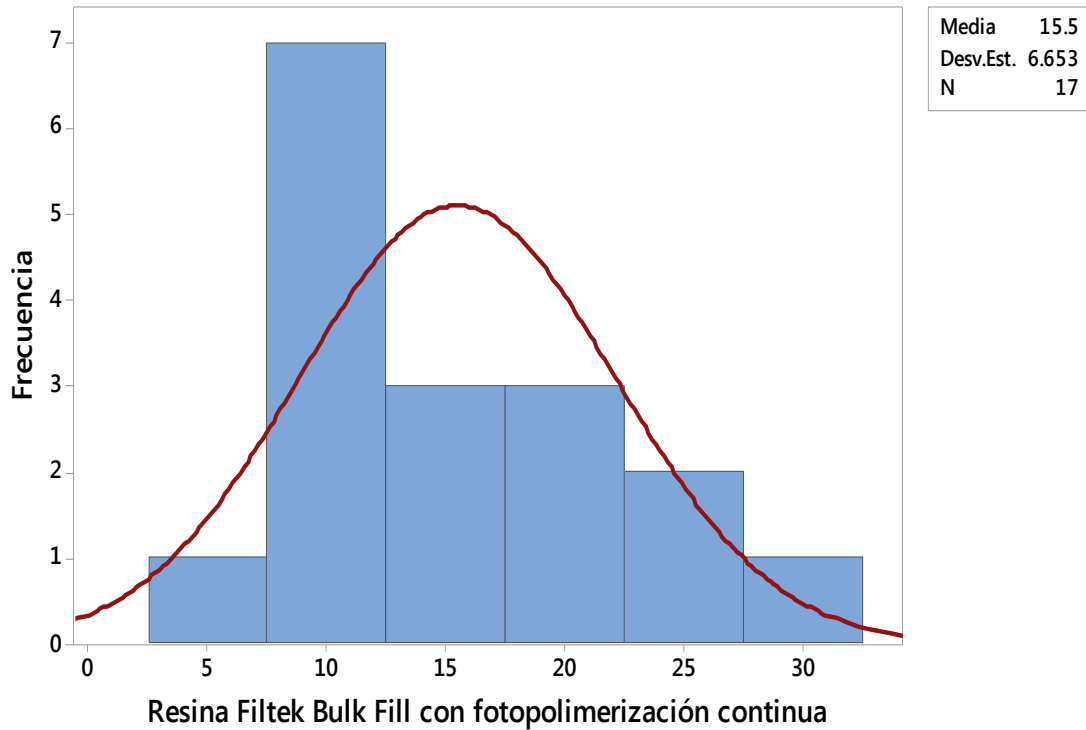


Figura N° 2: Histograma de la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua

Grupo 2: FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACIÓN DISCONTINUA

Tabla N° 3: Resistencia al cizallamiento *in vitro* de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018

Muestra cilíndricas de resina Grupo 2: Fotopolimerización continua	Resistencia al cizallamiento MPa
1	29,10
2	11,40
3	16,80
4	23,20
5	16,30
6	31,70
7	23,80
8	16,30
9	13,40
10	24,00
11	14,50
12	24,30
13	15,60
14	12,90
15	27,70
16	19,50
17	25,30

Fuente: Máquina digital de ensayos universales CMT-5L marca LG.

Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión				Medidas de posición			
Media	Mediana	Moda	DE*	Mínimo	Máximo	CV**	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R.I.C
20,3	19,5	16,3	6,2	11,4	31,7	0,305	15,0	19,5	24,8	9,75

DE= Desviación estándar

CV= Coeficiente de variación

Q1= Cuartil 25,0%

Q2= Cuartil 50,0%

Q3= Cuartil 75,0%

R.I.C=Rango intercuartilico

En la tabla y figura N° 3 se observa que la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua estuvo comprendido entre 11,4 Mpa a 31,7 Mpa con un promedio de $20,3 \pm 6,2$; con un $IC_{95\%}$ para la media=

[17,3827 – 23,2995]; con un coeficiente de variación de 0.305 podemos afirmar que los datos obtenidos son **homogéneos** con un rango intercuartilico 9,75 Mpa. En el histograma se observa que los datos describen una curva normal encontrándose resistencia al cizallamiento menor a 20 Mpa; 30 Mpa en un caso y 25 Mpa en cuatro casos lo que determina que los datos obtenidos son homogéneos.

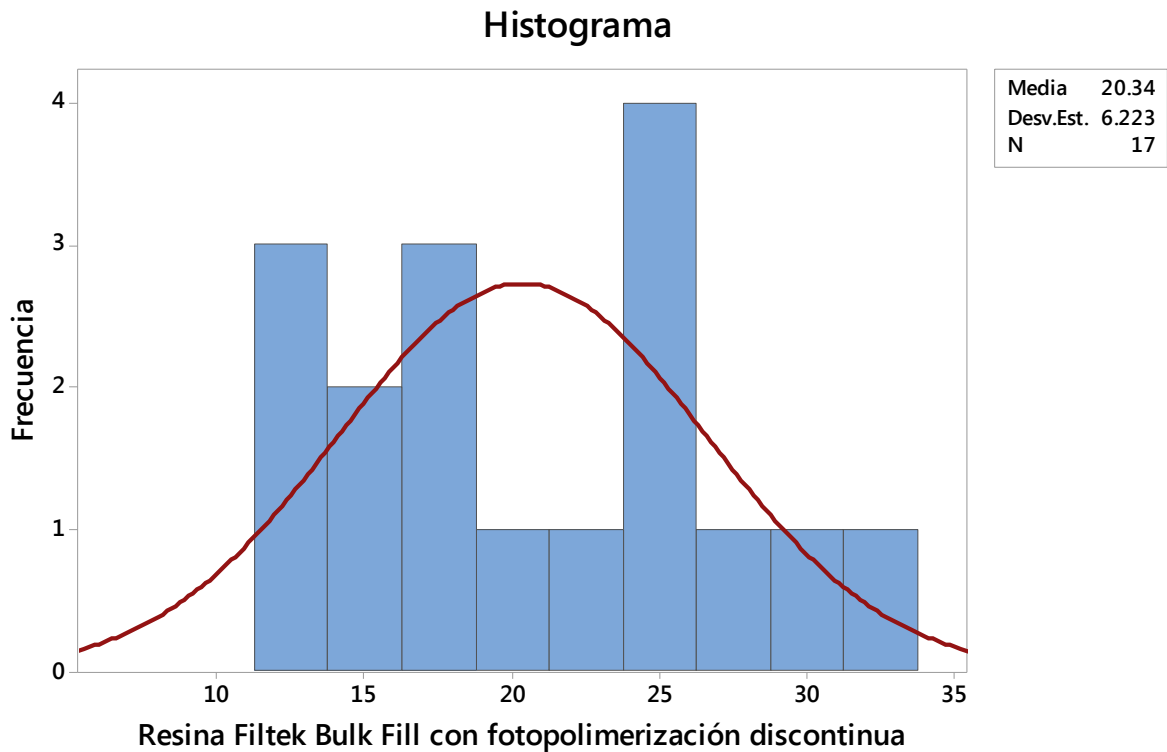


Figura N° 3: Histograma de la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua.

5.2. Comprobación de hipótesis, técnicas estadísticas empleadas

HIPOTESIS GENERAL

a. Hipótesis estadística:

Ho: A = B No existe diferencias in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

H₁: A ≠ B Existe diferencias significativas in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018

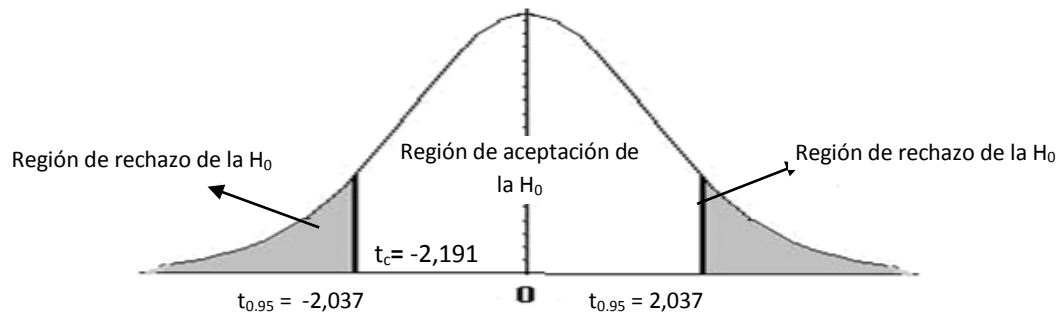
b. Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

c. Estadística de prueba: Dado que; la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua se comparan en Mpa y a la naturaleza numérica de la variable con distribución normal (Shapiro-Wilk=0,970 $p=0,815$) se eligió para la contrastación empírica de la hipótesis a la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes para ello se construyó la siguiente tabla:

Tabla N° 4: T Student para muestras independientes de la hipótesis general

Fotopolimerización	Estadística descriptiva		Diferencia de las medias		
	Media	DE	Diferencia	IC 95,0%	
Continua	15,50	6,6	-4,841	Mínimo	Máximo
Discontinua	20,34	6,2		-9,34179	-0,34056
T Student=-2,191 gl=32			p=0,036		

a. Regla de decisión: El valor del T de la tabla, con grado de libertad 32 y con un nivel de significancia de 0.05 es $\pm 2,037$



d. Toma de decisión:

Como el valor calculado del T (-2,191) es mayor que el valor crítico de la tabla (-2,037) y con un error de 0,036 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se procede a validar la hipótesis alterna (H_1): *“Existe diferencias significativas in vitro en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en comparación con la fotopolimerización continua en el año 2018”.*

5.3. Discusión

La analítica en el presente estudio estuvo supeditada a la importancia del éxito en las restauraciones directas; la misma que estuvo fundamentado en una fotoactivación *in vitro* (continua y discontinua) de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill®, que nos permitió conocer las propiedades físicas y mecánicas de la resina en mención; sin embargo dado la ausencia de estudios similares al nuestro se contrastó los hallazgos con algunos estudios con características similares las mismas que serán útiles para fines referenciales de la práctica clínica.

A la comparación de la resistencia al cizallamiento (Tabla N° 1) se observó que el grupo de resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua tuvo mayor resistencia al cizallamiento con una media=20,34 ± 6,2 en comparación a la fotopolimerización continua media=15,5 ± 6,6; con una diferencia de medias de -4,84118 IC_{95%} [-9,34179 a -0,34056]; por lo que podemos decir que la resistencia al cizallamiento es numéricamente distinta en ambos grupos. Al análisis del ritual de significancia estadística se determinó que existe diferencias significativas *in vitro* en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en comparación con la fotopolimerización continua en el año 2018. Nuestros resultados son coincidentes con los hallazgos de **Alonso en su** estudio titulado “*Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resinas compuestas de nanotecnología reparadas con diferentes tipos de composite en CHILE (2002)*,” se encontraron diferencias estadísticamente significativas al reparar un sustrato de resina compuesta de nanotecnología con composites de distinto tipo de relleno. La mayor resistencia se obtuvo al reparar con un material de nanotecnología y los menores valores al hacerlo con uno de micropartículas.³ Así mismo fueron parcialmente coincidentes con los hallazgos de **Boza YR** en su estudio titulado “*Estudio de la profundidad de polimerización de resinas Bulk fill a diferentes distancias de fotoactivación en el año 2015*” Los resultados mostraron que la resina A presentó mayor profundidad de polimerización que la resina B para las dos distancias de

fotoactivación (0mm y 4mm). Los datos mostraron valores de $p < 0.05$ siendo estadísticamente significativa entre las resinas evaluadas; el estudio concluyó que las profundidades de polimerización de las resinas “Bulk fill” están determinadas por la distancia de fotoactivación, la resina A presenta mayor profundidad de polimerización que la resina B.⁵ Por otro lado fueron discrepantes con los hallazgos obtenidos por **Santa Cruz YM** en el estudio “*Resistencia flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos*” en *LIMA 2011*” encontraron que la resina compuesta de nanopartículas Z-350 polimerizada con técnica soft start presenta la media más alta para resistencia a la flexión (163.52 Mpa) y especímenes polimerizados con técnica Rampa presentó (144.77Mpa). Concluyó que no existen diferencias significativas en la resistencia flexural de una resina de nanopartículas Z350 al ser polimerizada con técnica Rampa y técnica soft start, siendo $p = 0.68 > 0.5$. El método de activación por sí solo no dio lugar a diferencias significativas en la resistencia a la flexión de la resina Z-350.⁴ Nuestros resultados se pueden explicar por cuanto la fotopolimerización discontinua inicial a baja intensidad, al parecer mejoran las propiedades del composite¹⁹ reportando la literatura a la fotopolimerización de primera fase a baja intensidad (100-250 mW/cm²); segunda fase a alta intensidad (500-900 mW/cm²). Asimismo, se alude a la fotopolimerización progresiva o “en rampa” igual que el anterior pero la elevación de la intensidad está programada en la lámpara y es progresiva y finalmente la fotopolimerización diferida con primeros incrementos a 600 mW/cm² durante 10" y última capa a nivel de esmalte a 200 mW/cm² durante 3" A los 3-5' se aplica a 600 mW/cm² durante 10" por vestibular, por lingual y por oclusal. Se consigue un endurecimiento de las capas superficiales con alargamiento de la fase pre-gel de las capas más profundas.¹⁹ Dado que se logró demostrar que la fotopolimerización discontinua tuvo mayor resistencia al cizallamiento en comparación con la fotopolimerización continua en la unión resina-resina; recomendamos que en próximos estudios se establezca la relación diente-resina con el propósito de seguir evolucionando en la línea de investigación.

CONCLUSIONES

1. Podemos concluir que se encontró diferencias significativas *in vitro* en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en comparación a la fotopolimerización continua en el año 2018 ($p=0,036$).
2. Podemos concluir que la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua estuvo comprendido entre 2,8 Mpa a 27,9 Mpa con una media $15,5 \pm 6,6$ y coeficiente de variación 0,429 que nos permite afirmar que las resistencias al cizallamiento en este grupo fueron heterogéneas.
3. Podemos concluir que la resistencia al cizallamiento de la resina Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua estuvo comprendido entre 11,4 Mpa a 31,7 Mpa con una media $20,3 \pm 6,2$ y coeficiente de variación 0.305 que nos permite afirmar que las resistencias al cizallamiento en este grupo fueron homogéneas.

RECOMENDACIONES

- Dado que; la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua tuvo mayor resistencia al cizallamiento de la base recomendamos diseñar estudios clínicos para la valoración de nuestros hallazgos.
- Se recomienda diseñar otros estudios utilizando más resinas con diferentes tipos de relleno siendo estas, híbridas, microhíbridas, microrrelleno condensables, fluidas, pero con las mismas técnicas de polimerización, para ver su influencia en las propiedades mecánicas de cada una de ellas.
- Se recomienda realizar más investigaciones utilizando las técnicas de polimerización estudiadas en el presente trabajo para determinar otras propiedades mecánicas de las resinas compuestas.
- Recomendamos citar los hallazgos de nuestro estudio como un antecedente para la verificación de la constancia y consistencia en otro tiempo y espacio (principio y consistencia de Bradford Hill)

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Martínez VA. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resina compuesta fluida utilizada como sellante, aplicada con distintos sistemas adhesivos, convencional y autograbante con y sin grabado ácido previo del esmalte [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2013.
2. Cornejo MA. Resistencia al cizallamiento de una resina compuesta al aplicar diferentes agentes blanqueadores y su efecto sobre la microestructura del esmalte. [Tesis doctoral] [Sevilla (S)]: Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla.; 2014.
3. Alonso P. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resinas compuestas de nanotecnología reparadas con diferentes tipos de composite. [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2002.
4. Santa Cruz YM. Resistencia flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2011.
5. Boza YR. Estudio de la profundidad de polimerización de resinas bulk fill a diferentes distancias de fotoactivación. [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
6. Cova, JL. Biomateriales Dentales. Editorial Amolca. 2da Ed. 245 p
7. Cuevas, CE; D'Accorso, N; Zamarripa, JE. Uso en odontología de resinas polimerizadas por apertura de anillos. Instituto de Ciencias de la Salud UAEH.
8. Hervás A, Martínez MA, Cabanes J, Barjau A, Fos P. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006.

9. Rodriguez DR, Pereira NA. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. universidad central de Venezuela - facultad de odontología. 2007.
10. Diez C. Comparación in vitro de la microfiltración de dos sistemas restaurativos dentarios diferentes.
11. Iruretagoyena MA. Tipos de resina compuesta: La elección para distintos casos clínicos. Buenos Aires. Argentina. 2014.
12. Reme Ramos. Historia de las resinas compuestas en odontología.
13. Naturaleza de la luz. Universidad Politécnica de Madrid. 2010.
14. Carrillo C. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. Revista ADM. Mexico. 2009.
15. Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ª ed. Pag. 171-186 pp
16. Mrs. Melissa Warner. Principios de la Fotopolimerización. Revista Inside Dentistry. (2012).
17. Milko Villaroel C. Fotopolimerización de Resinas Compuestas y Conceptos Afines. Artículo Científico. 2008.
18. Nocchi Conceicao. Odontología restauradora estética y salud. 2da Ed. Editorial medica Panamericana.
19. Sanchez LA, Espias AF. La fotopolimerización en 2002. Revista AciELO
20. Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice Elsevier. 11va ed. 78 p
21. Cizalla. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.
22. In vitro. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.
23. Jorquera C. Lámparas de Polimerización con Diodos Emisores de Luz (LED). MaterialesDentales.cl © todos los derechos reservados. 2008
24. Resina. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.
25. Cova JL. Resina compuesta. Biomateriales dentales. 2da ed. 246 p
26. Cova JL. Resina nanopartícula. Biomateriales dentales. 2da ed. 258 p
27. Resistencia. Real Academia Española © Todos los derechos reservados. 2017.

28. Argimon- Pallás J, Jimenez -Villa J. Bases metodológicas de la investigación clínica y epidemiológica. 4ta Ed. Elsevier. España. 2015. 30 p
29. Carrasco S. Metodología de la investigación Científica. 2da Ed. Editorial San Martín E.I.R.L. Lima Perú. 2017. 42 p
30. Sanchez-Carrlessi H, Reyes-Meza C. Metodología y diseños en la investigación científica. 2da Ed. Editorial Mantaro. 101-102 pp
31. Rius-Diaz F, Barón López FJ. Bioestadística. España. Thompson Editores Spain. 2005. 11-21 pp

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				METODOLOGIA
			Variables	Indicador	Valor final	Escala	
<p>GENERAL PG: ¿Existirán diferencias <i>in vitro</i> en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018?</p> <p>ESPECIFICOS PE 01: ¿Cuál será la resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018?</p> <p>PE 02: ¿Cuál será la resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018??</p>	<p>GENERAL OG: Evaluar y determinar <i>in vitro</i> la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018</p> <p>ESPECIFICOS OE 01: Evaluar la resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua en el año 2018.</p> <p>OE 02: Evaluar la resistencia al cizallamiento <i>in vitro</i> de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización discontinua en el año 2018</p>	<p>GENERAL H1: A≠B Existe diferencias significativas <i>in vitro</i> en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018</p> <p>H0: A=B No existen diferencias <i>in vitro</i> en la resistencia al cizallamiento de la resina compuesta nanotecnológica Filtek Bulk Fill® con fotopolimerización continua y discontinua en el año 2018.</p>	<p>Variable independiente Filtek bulk fill®</p> <p>Variable dependiente Resistencia de cizallamiento</p> <p>Variable control Fotopolimerización</p>	<p>Marca comercial</p> <p>Es la resistencia que ofrece un material al ser flexado cuando se aplica una fuerza al centro del material.</p> <p>Son técnicas con diferentes procedimientos de polimerización a un resina compuesta</p>	<p>Si No</p> <p>Mpa</p> <p>Fotocuración directa (Continua) Fotocuración indirecta o rampal (discontinua)</p>	<p>Nominal dicotómico</p> <p>Razón</p> <p>Nominal</p>	<p>TIPO DE ESTUDIO Experimental, prospectivo, transversal, analítico</p> <p>POBLACIÓN Bloques de esmalte</p> <p>SELECCIÓN MUESTRA Probabilístico por azar simple. Grupo 1: 17 con fotopolimerización continua Grupo 2: 17 con fotopolimerización discontinua</p> <p>TECNICA Mediciones biológicas.</p> <p>INSTRUMENTO Máquina universal amsler</p>

Anexo N° 02: Resultados

INFORME DE ENSAYO N°		IE-026-2018	EDICION N° 1	Página 1 de 3
ENSAYO DE ADHERENCIA EN MUESTRAS DE RESINA COMPUESTA				
TESIS	"ESTUDIO COMPARATIVO <i>IN VITRO</i> DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018"			
DATOS DEL SOLITANTE				
NOMBRE Y APELLIDOS	Yucely Juanita Cuillar Casanova			
DNI	41050654			
DIRECCIÓN	Urbanizacion La Palma D5			
DISTRITO	Ica			
EQUIPOS UTILIZADOS				
INSTRUMENTO	Maquina digital de ensayos universales CMT- 5L			
MARCA	LG			
APROXIMACIÓN	0.001 N			
INSTRUMENTO	Vernier digital de 200mm			
MARCA	Mitutoyo			
APROXIMACIÓN	0.01mm			
RECEPCIÓN DE MUESTRAS				
FECHA DE INGRESO	23	Febrero	2018	
LUGAR DE ENSAYO	Jr. Las Sensitivas Mz D Lt 7 Urb. Los jardines S.J.L.			
CANTIDAD	2 Grupos			
DESCRIPCIÓN	Cilindros de resina compuesta			
IDENTIFICACIÓN	Grupo 1	FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA		
	Grupo 2	FOTOPOLIMERIZACION DISCONTINUA		
REPORTE DE RESULTADOS				
FECHA DE EMISION DE INFORME	25	Febrero	2018	

INFORME DE ENSAYO N°		IE-026-2018	EDICION N° 1	Página 2 de 3
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 1		FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA		
Espécimen	Área (mm ²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	
1	7.50	122.34	16.3	
2	7.50	195.93	26.1	
3	7.50	208.90	27.9	
4	7.50	180.50	24.1	
5	7.50	122.24	16.3	
6	7.50	80.22	10.7	
7	7.50	70.95	9.5	
8	7.50	81.83	10.9	
9	7.50	91.30	12.2	
10	7.50	98.32	13.1	
11	7.50	163.27	21.8	
12	7.50	137.61	18.4	
13	7.50	80.27	10.7	
14	7.50	87.70	11.7	
15	7.50	90.69	12.1	
16	7.50	20.68	2.8	
17	7.50	142.02	18.9	

INFORME DE ENSAYO N°		IE-026-2018	EDICION N° 1	Página 2 de 3
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 1		FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA		
Espécimen	Área (mm ²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	
1	7.50	122.34	16.3	
2	7.50	195.93	26.1	
3	7.50	208.90	27.9	
4	7.50	180.50	24.1	
5	7.50	122.24	16.3	
6	7.50	80.22	10.7	
7	7.50	70.95	9.5	
8	7.50	81.83	10.9	
9	7.50	91.30	12.2	
10	7.50	98.32	13.1	
11	7.50	163.27	21.8	
12	7.50	137.61	18.4	
13	7.50	80.27	10.7	
14	7.50	87.70	11.7	
15	7.50	90.69	12.1	
16	7.50	20.68	2.8	
17	7.50	142.02	18.9	

ANEXO N° 03: JUICIO DE EXPERTOS

VALIDACIÓN POR JUECES

TITULO: ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACIÓN CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018

Hoja de respuestas: Colocar el número 1, 2, 3 y/o 4 según su apreciación

VARIABLE	INDICADOR	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA*	CLARIDAD
Resina compuesta	Filtek™ Bulk Fill®	4	4	4	4
Resistencia al cizallamiento	Megapascales (Mpa)	4	4		4
Técnica de polimerización	Técnica de polimerización continua (directa)	4	4	4	4
	Técnica de polimerización discontinua (indirecta o rampal)	4	4		4

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? _____

¿Cuál? _____


CD. Mag. ALFREDO LEON DELGADO
 Esp. Endodencia y Cariología
 C.O.P. 7070 R.N.E. 320

VALIDACIÓN POR JUECES

TITULO: ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018

Hoja de respuestas: Colocar el número 1, 2, 3 y/o 4 según su apreciación

VARIABLE	INDICADOR	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA*	CLARIDAD
Resina compuesta	Filtek™ Bulk Fill®	4	4	4	4
Resistencia al cizallamiento	Megapascales (Mpa)	4	4		4
Técnica de polimerización	Técnica de polimerización continua (directa)	4	4	4	4
	Técnica de polimerización discontinua (indirecta o rampal)	4	4		4

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? _____

¿Cuál? _____


 DR. PEDRO APARCANA QUIJANDRIA
 ESP. EN ORTODONCIA Y
 ORTOPEDIA MAXILAR
 R.N.E. 1387

VALIDACIÓN POR JUECES

TITULO: ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018

Hoja de respuestas: Colocar el número 1, 2, 3 y/o 4 según su apreciación

VARIABLE	INDICADOR	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA*	CLARIDAD
Resina compuesta	Filtek™ Bulk Fill®	4	4	4	4
Resistencia al cizallamiento	Megapascuales (Mpa)	4	4		4
Técnica de polimerización	Técnica de polimerización continua (directa)	4	4	4	4
	Técnica de polimerización discontinua (indirecta o rampal)	4	4		4

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? _____

¿Cuál? _____


Enrique Yarasca Berrón
 CIRUJANO DENTISTA
 C.C.P. 6950

ANEXO N° 04: MATRIZ DE DATOS

TITULO: ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LA RESINA COMPUESTA NANOTECNOLÓGICA FILTEK BULK FILL® CON FOTOPOLIMERIZACION CONTINUA Y DISCONTINUA EN EL AÑO 2018

ID	Grupos de comparación Continua vs discontinua	Resistencia del cizallamiento (Mpa)
1	1	16.3
2	1	26.1
3	1	27.9
4	1	24.1
5	1	16.3
6	1	10.7
7	1	9.5
8	1	10.9
9	1	12.2
10	1	13.1
11	1	21.8
12	1	18.4
13	1	10.7
14	1	11.7
15	1	12.1
16	1	2.8
17	1	18.9
18	2	29.1
19	2	11.4
20	2	16.8
21	2	23.2
22	2	16.3
23	2	31.7
24	2	23.8
25	2	16.3
26	2	13.4
27	2	24.0
28	2	14.5
29	2	24.3
30	2	15.6
31	2	12.9
32	2	27.7
33	2	19.5
34	2	25.3

LEYENDA

Variable	Código	Etiqueta
Grupos	1	Grupo 1 (fotopolimerización continua)
	2	Grupo 2 (Fotopolimerización discontinua)

Fuente: Visor de resultados IBM SPSS Statistics versión 22

ANEXO N° 5: FOTOGRAFÍAS



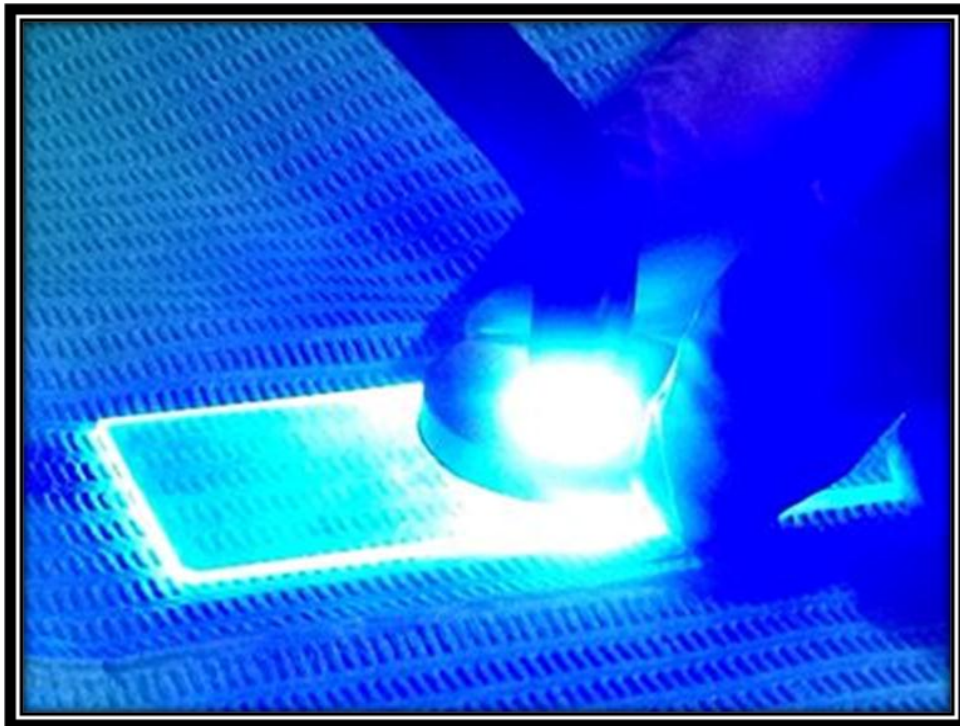
Fotografía N° 1: Todos los materiales utilizados durante la investigación.



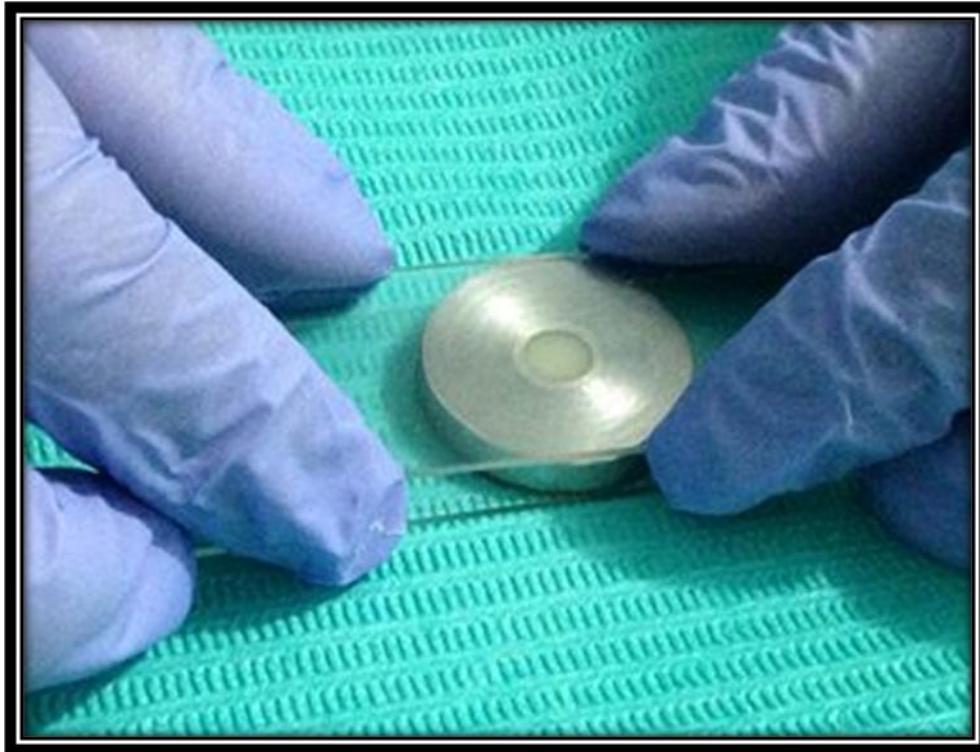
Fotografía N° 2: Posicionando la matriz de 6 mm de altura y 4 mm de altura sobre una placa Petri.



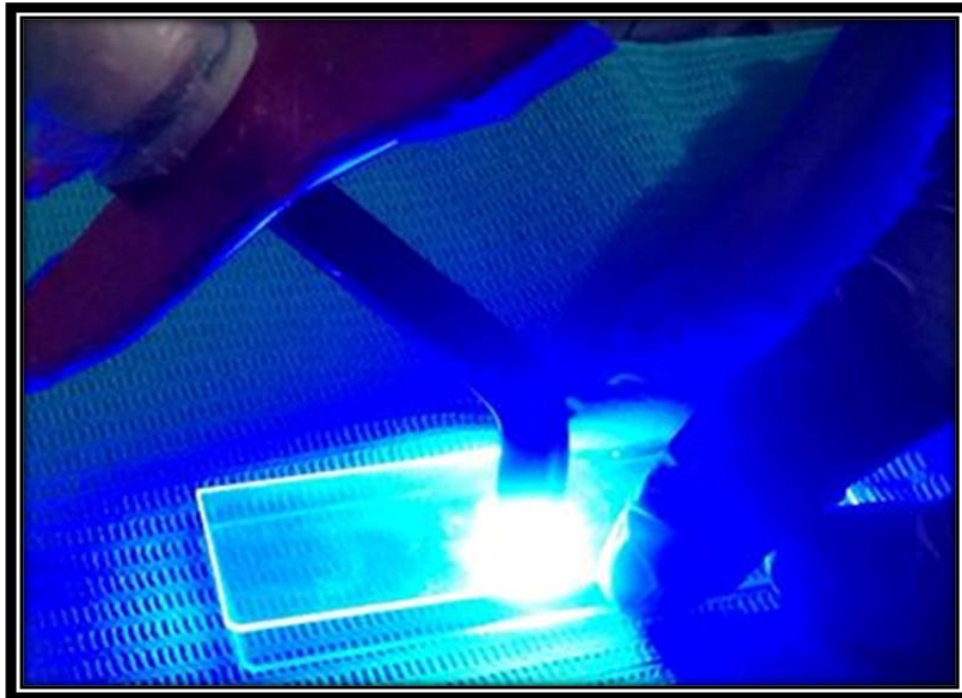
Fotografía N° 3: Incremento de 2 mm de Resina.



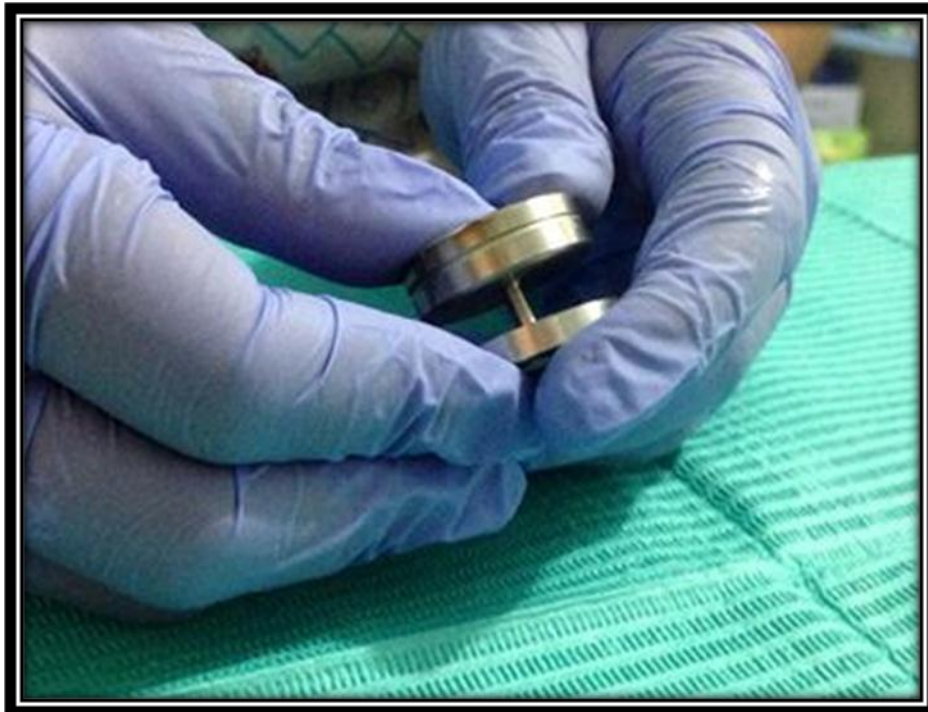
Fotografía N° 4: Polimerización por 20seg.



Fotografía N° 5: Colocación del último incremento de resina y para que sea uniforme la superficie, colocación de placa Petri.



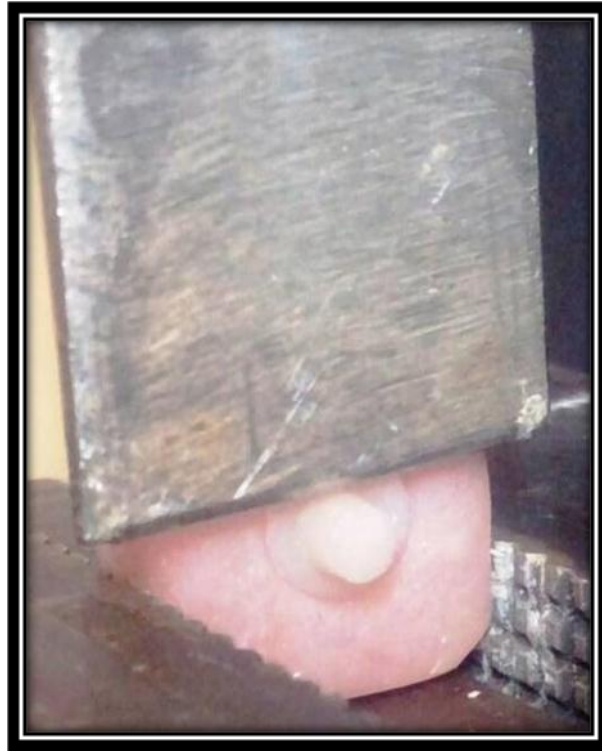
Fotografía N° 06: Polimerización a 1mm de distancia de la resina.



Fotografía N° 07: Retiro la muestra de la matriz metálica.



Fotografía N° 08: 34 muestras (base) de 6mm de diámetro y 4mm de altura.



Fotografía N° 09: Colocación de la muestra a la máquina de ensayo.



Fotografía N° 10: Prueba de ensayo de cizallamiento.