



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

## **TESIS**

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA  
DE LAS RESINAS COMPUESTAS FILTEK P60® Y FILTEK™ BULK FILL®  
PARA RESTAURACION DE PIEZAS POSTERIORES, 2017**

### **AUTORA**

GARCIA RIVERA, Jhezenia Jhanet

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

ICA - PERÚ

2017

## DEDICATORIA

*Ser Supremo, Creador nuestro y de todo lo que nos rodea. Por ser nuestro guía en nuestra vida y colmarnos de bendiciones para que siempre se cumplan nuestros sueños.*

*Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando yo sentía que el camino se terminaba. Con ustedes siempre mi corazón y mi más sincero agradecimiento. Papá y mamá.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por iluminar siempre mi camino en cada paso que doy, por llenar mi vida de bendiciones para cumplir todos aquellos proyectos y metas propuestos en el camino.

La universidad ALAS PERUANAS, por haberme aceptado como parte de ella y abrirme la puerta de su seno científico para poder estudiar mi carrera. Así también a los diferentes docentes, personas con ganas de transmitir conocimiento, quienes se esfuerzan por darnos la oportunidad de aprender y llenarnos de sabiduría, por ayudarme a llegar al punto en donde me encuentro.

A mis padres por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de esta tesis, a ellos por ser los principales promotores de mis sueños, por cada día confiar y creer en mí.

A mis hermanos por hacer de mis días dichosos, por brindarme sus sonrisas en los días tristes, por confiar siempre en mí.

A mi novio por brindarme su apoyo, amor incondicional, por convertirse en una parte esencial de mi vida, por su paciencia, comprensión y apoyo moral.

Mi amiga Yuceli Cuillar Casanova, una persona especial que estimo y admiro con toda el alma, alguien que me ha mostrado mil veces en su propio ejemplo lo que significa ser una gran persona.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de este sueño.

## RECONOCIMIENTOS

Dr. León Delgado Alfredo, la persona que me brindó su apoyo incondicional para la elaboración de esta investigación.

Dr. José Luis Huamani Echaccaya por su aporte metodológico, su continuo impulso durante todo el proceso hasta el final del mismo.

Dra. Luciana Girao berrocal de Díaz, por la orientación, seguimiento y motivación a lo largo del desarrollo del trabajo.

A mis padres (Salvador García Flores y Josefina Rivera Barrientos), personas que me enseñaron que siempre lo más importantes es ir tras tus sueños y no desistir hasta alcanzarlos.

A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que este trabajo de investigación pudiera llevarse a cabo.

## RESUMEN

El presente estudio fundamentó su línea de investigación en determinar si existe diferencias significativas en la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores en el año 2017. Se realizó un estudio de nivel explicativo tipo experimental, prospectivo, transversal y analítico con un diseño cuasi experimental. Para el muestreo se eligió el algoritmo matemático para la comparación de dos grupos resultando ser finalmente 10 bloques cilíndricos para la resina FILTEK P60® y 10 bloques para la resina FILTEK™ BULK FILL®. Se aplicó la técnica de mediciones biológicas y el instrumento utilizado fue la máquina digital de ensayos universales CMT-5L. Vernier digital de 200 mm. Marca Mitutoyo cuyas condiciones ambientales de las mediciones fue a una temperatura de 22,8 °C y humedad relativa 61,0%. El procesamiento se realizó en el paquete estadístico IBM SPSS Statistcs versión 22 complementado con el programa Minitab versión 18 y para su análisis se utilizó la prueba estadística paramétrica T de Student para muestras independientes. Se encontró que la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® estuvo comprendido entre 229,51 a 351,17 MPa con una media de  $293,5 \pm 46,3$   $IC_{95\%} = [264,85 - 322,17]$ ; con un coeficiente de variación de 0,16. La resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® estuvo comprendido entre 195,10 a 273,14 MPa con una media de  $230,72 \pm 22,5$   $IC_{95\%} = [216,77 - 244,67]$ ; con un coeficiente de variación de 0,09. Por lo que con un p-valor=0,002 podemos concluir que existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK P60 XT® en comparación con la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017.

**Palabras claves:** In vitro, resinas compuestas, resistencias compresivas

## ABSTRACT

The study based its line of investigation to determine if there are differences in the compressive strength of the resin composites Filtek P60® and FILTEK™ BULK FILL® for the restoration of pieces later in the year 2017. A study was conducted of explanatory level experimental, analytical, cross-sectional and prospective study with a quasi-experimental design. For the sampling was chosen the mathematical algorithm for the comparison of two groups proving to be finally 10 cylindrical blocks for the resin FILTEK P60® and 10 blocks to the resin Filtek™ BULK FILL®. Applied the technique of biological measurements and the instrument used was the universal testing machine digital CMT-5L. Digital Caliper of 200 mm. Mitutoyo brand whose environmental conditions of the measurements were at a temperature of 22.8°C and relative humidity of 61.0%. The processing is performed in the STATISTICS IBM SPSS statistical package version 22 supplemented with the program MINITAB version 18 and for analysis was used parametric statistical test the Student t test for independent samples. It was found that the compressive strength of the composite resin FILTEK P60® was between 229.51 to 351.17 MPa with an average of  $293.5 \pm 46.3$  95% = [264.85 - 322.17]; with a coefficient of variation of 0.16. The compressive strength of the composite resin Filtek™ BULK FILL® was between 195.10 to 273.14 MPa with an average of  $230.72 \pm 22.5$  95% = [216.77 - 244.67]; with a coefficient of variation of 0.09. So with a p-value=0.002, we can conclude that there are significant differences in the in vitro compressive strength of the composite resin FILTEK P60 XT® compared to the composite resin Filtek™ BULK FILL® for restoration of parts later in the year 2017.

**Key Words:** In vitro, composite resins, compressive resistance.

## ÍNDICE

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE.....	Vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE GRAFICOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Objetivos de la investigación.....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación de la investigación.....	17
1.3.1. Importancia de la investigación.....	17
1.4. Limitaciones.....	18
1.4.1. Limitaciones metodológicas:.....	18

1.4.2. Limitaciones operativas.....	19
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación .....	20
2.1.1. Internacionales .....	20
2.1.2. Nacionales.....	26
2.1.3. Locales.....	30
2.2. Bases teóricas.....	31
2.2.1. LAS FUERZAS COMPRESIVAS.....	31
2.2.1.1. Resistencia compresiva .....	31
2.2.1.2. Calculo de la resistencia compresiva.....	32
2.2.2. RESINA COMPUESTA .....	33
2.2.2.1. Historia.....	34
2.2.2.2. Características de los composites.....	35
2.2.2.2.1. Matriz Orgánica:.....	35
2.2.2.2.2. Partículas de relleno.....	36
2.2.2.2.2.1. Resinas de macrorelleno o convencionales.....	38
2.2.2.2.2.2. Resinas de microrelleno.....	38
2.2.2.2.2.3. Resinas híbridas.....	39
2.2.2.2.2.3.1. Híbridos Modernos.....	39
2.2.2.2.2.3.2. Resinas de Nanorellenos.....	40
2.2.2.2.3. Agente de conexión o de acoplamiento .....	42

2.2.2.2.4. Polimerización intrabucal.....	43
1.2.2.2.4.1. Factores que Afectan la calidad de polimerización.....	45
1.2.2.2.4.2. Tipos de materiales para el fotocurado intrabucal .....	45
1.2.2.2.4.3. Aspectos fundamentales .....	47
2.2.2.3. Propiedades de la resina compuesta.....	48
2.2.3. RESINAS COMPUESTAS USADAS EN EL ESTUDIO .....	51
2.2.3.1. FILTEK P60® resina para posteriores.....	51
2.2.3.1.1. Descripción del producto .....	51
2.2.3.1.2. Composición.....	52
2.2.3.1.3. Indicaciones de uso.....	52
2.2.3.1.4. Ventajas .....	52
2.2.3.1.5. Precauciones.....	52
2.2.3.1.6. Instrucciones de uso .....	53
2.2.3.2. Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores.....	55
2.2.3.2.1. Descripción del producto.....	55
2.2.3.2.2. Composición.....	56
2.2.3.2.3. Indicaciones de uso.....	56
2.2.3.2.4. Polimerización .....	57
2.2.3.2.5. Ventajas y beneficios .....	57
2.3. Definición de términos básicos.....	58
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	61

3.1.	Formulación de la hipótesis principal y derivada.....	61
3.1.1.	Hipótesis general.....	61
3.2.	Variables; definición conceptual y operacional.....	61
3.2.1.	Identificación de las variables .....	61
3.2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	62
CAPITULO IV: METODOLOGIA.....		63
4.1.	Diseño metodológico .....	63
4.1.1.	Tipo de investigación .....	63
	Explicativo: Con el objetivo estadístico comparar.....	63
4.1.3.	Diseño de investigación .....	63
4.2.	Diseño muestral.....	64
4.2.1.	Población universo.....	64
4.2.1.1.	Criterios de inclusión .....	64
4.2.1.2.	Criterios de exclusión .....	64
4.2.2.	Determinación del tamaño muestral.....	65
	Ajuste muestreo:.....	66
4.2.3.	Selección de los miembros de la muestra.....	66
4.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	67
4.3.1.	Técnicas.....	67
4.3.2.	Instrumento: .....	68
4.3.2.1.	Máquina de ensayos universales computarizada .....	68

4.3.2.1. Medida de la resistencia compresiva:.....	70
4.4.    Técnicas de procesamiento de la información: .....	71
4.5.    Técnicas estadísticas utilizadas en el análisis de la información .....	71
4.5.1. Estadística descriptiva .....	71
4.5.2. Estadística inferencial.....	72
4.5.3. Estadística probabilística .....	72
CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	73
5.1. Trabajo de campo y estadística descriptiva .....	73
5.2. Comprobación de hipótesis, técnicas estadísticas empleadas .....	77
5.3. DISCUSIÓN:.....	80
CONCLUSIONES.....	84
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	86
ANEXOS.....	91
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	92
ANEXO N° 02: RESULTADOS DEL LABORATORIO.....	93
ANEXO N° 03: CERTIFICADO DE CALIBRACION .....	96
ANEXO N° 5: MATRIZ DE DATOS .....	98
ANEXO N° 05: FOTOGRAFÍAS.....	99

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N<sup>a</sup> 1:</b> Distribución de la resistencia compresiva de la resina compuesta <b>FILTEK P60®</b> para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.....	73
<b>Tabla N<sup>a</sup> 2:</b> Distribución de la resistencia compresiva de la resina compuesta <b>FILTEK™ BULK FILL®</b> para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.....	75
<b>Tabla N<sup>a</sup> 3:</b> Resistencia compresiva de las resinas compuestas <b>FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para</b> la restauración de piezas posteriores.....	77

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1:</b> Distribución de los datos en el grupo resina compuesta <b>FILTEK P60®</b> para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017 .....	74
<b>Gráfico N° 2:</b> Distribución de los datos en el grupo resina compuesta <b>FILTEK™ BULK FILL®</b> para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.....	76
<b>Gráfico N° 3:</b> Diferencias en la resistencia compresiva de las resinas compuestas <b>FILTEK P60®</b> y <b>FILTEK™ BULK FILL®</b> para la restauración de piezas posteriores.....	79

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los materiales de restauración estéticos, como las resinas compuestas las que ocupan un lugar importante en el campo de la odontología conservadora, ya que poseen propiedades favorables como la biocompatibilidad, resistencia a la abrasión, desgaste, facilidad en la manipulación, condensación, acabado, buena adaptación marginal, sellado, conservación de los márgenes y sobre todo buena estética, por la que la gran mayoría de personas acuden a un consultorio.

Si nos adentramos en la historia podemos decir que desde la década de los 60 cuando Bowen a partir de monómeros de BIS-GMA mejoró las propiedades físicas y mecánicas de las resinas, desde entonces se han presentado numerosos estudios que han aportado al desarrollo de diferentes tipos de resinas compuestas, intentando día a día mejorar sus características físicas, estéticas y mecánicas con la intención de crear un material ideal que pueda favorecer tanto al odontólogo como al paciente.

En un estudio realizado por Loyola Monterroso, donde evaluaron la microdureza superficial in vitro de dos materiales restauradores, una resina de nanorelleno (Z350 XT 3M) y una resina compuesta posterior (P60 3M). Como resultado la resina P60 presentó mayor promedio de microdureza superficial en comparación a la resina nanorelleno Z350. Concluyéndose que hubo diferencia significativa entre las microdurezas superficiales de los dos materiales evaluados. Adentrándonos en la historia de estas dos resinas compuestas, podemos resumir que la 3M ESPE lanzó al mercado en el año 2000 la resina Filtek P60®, exclusivamente para restauraciones de piezas posteriores y en cuanto a la resina Filtek Z350® se lanzó al mercado en el año 2005, un material universal para restauraciones anteriores y posteriores.

Recientemente han aparecido en el mercado nuevos materiales restauradores, cuyos fabricantes dicen incorporar la nueva ciencia de la nanotecnología en la fabricación de ellos y que en sus instrucciones ilustran

mejoras en sus propiedades con respecto a sus antecesores. Sin embargo, cabe resaltar que, en los dientes posteriores, debido a que estos dientes están siendo constantemente sometidos a grandes fuerzas masticatorias, han hecho que sea necesaria una mayor evaluación, para que así a la hora de tratar un paciente, cada profesional pueda tomar la decisión correcta basándose en investigaciones validadas.

Por tanto, lo que pretende este estudio es determinar la resistencia compresiva de las resinas compuestas **FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL** para la restauración de piezas posteriores y poder señalar cuál presenta mayor resistencia compresiva, así con fundamentos científicos realizar las obturaciones para un mejor pronóstico en boca.

## **CAPITULO I: PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Actualmente la caries dental sigue siendo una enfermedad de alta incidencia a nivel mundial, epidemiológicamente ocupando de 90-95% en relación a las enfermedades que aquejan la cavidad bucal.

Recientemente han aparecido en el mercado nuevos materiales restauradores, cuyos fabricantes dicen incorporar la nueva ciencia de la nanotecnología en la fabricación de cada uno de ellos y que en sus instrucciones ilustran mejorar sus propiedades con respecto a sus antecesores.

Esta investigación nace a raíz de que la empresa de materiales dentales 3M acaba de lanzar un nuevo producto al mercado la resina compuesta **FILTEK™ BULK FILL®** para restauraciones de piezas posteriores, razón por la que el presente estudio se basa en observar y comparar cuán alta es la resistencia compresiva de la misma frente a la resina **FILTEK P60®** para restauraciones para piezas posteriores, ya que contamos con un antecedente donde la investigadora Loyola Monterroso, evaluó la microdureza superficial in vitro de dos materiales restauradores, una resina de nanorelleno Z350® 3M y una resina compuesta posterior P60® 3M, donde se concluyó que la resina Filtek P60® presentó mayor promedio de microdureza superficial en comparación a la resina nanorelleno Filtek Z350®.

El estudio pretende buscar si existen diferencias significativas entre ellas, para de esta manera, saber si constituyen una mejor alternativa frente a los materiales convencionales.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **1.2.1. Problema general**

¿Existirán diferencias significativas de la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas **FILTEK P60®** y **FILTEK™ BULK FILL®** para restauración de piezas posteriores, en el año 2017?

### **1.2.2. Problemas específicos**

#### **Problema específico 01:**

¿Cuál es la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017?

#### **Problema específico 02:**

¿Cuál es la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar si existe diferencias significativas de la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores

### **1.2.2. Objetivos específicos**

#### **Objetivo específico 01:**

Evaluar la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.

#### **Objetivo específico 02:**

Evaluar la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.

## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Importancia de la investigación**

Actualmente no existen muchos antecedentes de esta investigación que nos indiquen cuanta resistencia compresiva presenta las resinas que se están utilizando.

La investigación nos servirá para poder determinar cuál de los dos tipos de resina nos resultaría beneficiosa para emplear en los diferentes tratamientos que se realizan diariamente en los consultorios.

El grupo de profesionales que se beneficiarán con los resultados del presente trabajo de investigación serán todos los estudiantes pregrado y profesionales en odontología, por cuanto a los resultados nos permitirán conocer a mayor detalle la propiedad de las resinas compuestas puestas a prueba y/o evaluación.

La investigación servirán para la toma de decisiones por parte de los cirujanos dentistas porque se conoce y/o sabe que en la práctica existen diversos fracasos de los diferentes materiales de resina foto-curables resaltando como uno de ellos las fracturas que se producen por lo general como resultado de las fuerzas masticatorias, pero también juega un papel importante la calidad de las resinas, con esta investigación precisamente buscamos cuál de los materiales nos puede dar mejor resultado frente a esta causa y beneficiar a los pacientes que se realizan las restauraciones con resinas de última generación.

### **1.3.2. Viabilidad de la investigación**

La investigación fue viable por cuanto se tuvo a disposición los recursos económicos necesarios, disponibilidad de tiempo, acceso a la información y materiales necesarios que permitió ejecutarla.

## **1.4. Limitaciones**

### **1.4.1. Limitaciones metodológicas:**

La escasa información con respecto a los antecedentes y el difícil acceso a informaciones importante para el desarrollo de la investigación.

El presente estudio siendo in vitro quedara resultados solo serán referenciales al paciente bajo ninguna circunstancia se podrá extrapolar de manera directa (solo tiene validez interna).

#### **1.4.2. Limitaciones operativas.**

La escasa información del comportamiento (antecedentes) de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL®, lo que imposibilitó un tanto la redacción de la discusión.

Una limitación operativa fue viajar a la ciudad de Lima, para realizar las mediciones, por cuanto no se cuenta con laboratorios de materiales dentales y equipos modernos en nuestra localidad.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacionales

- **Ortega R.** Realizó un estudio titulado “*Estudio comparativo in vitro de la resistencia al desgaste de 3 resinas compuestas de nanotecnología y 3 resinas compuestas convencionales*” en Chile (2005), el objetivo de este estudio es determinar si existen diferencias significativas en la resistencia al desgaste de 3 resinas compuestas de nanotecnología en comparación con 3 resinas compuestas convencionales, para determinar si realmente existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas, y de esta manera, si constituyen una mejor alternativa frente a los materiales convencionales. El trabajo fue experimental, para medir la resistencia al desgaste se confeccionaron 90 cuerpos de prueba, divididos en 6 grupos, es decir 15 para cada resina. Los cuerpos de prueba así confeccionados se colocaron en una estufa (Haeraeus), donde permanecieron en un ambiente de 37 +/- 1°C y a una humedad relativa de 100 +/- 5% hasta el momento de ser utilizados. Para después ser sometida a prueba. Con las cuales se concluyó que la resina compuesta Grandio (VOCO) presenta la mayor resistencia al desgaste estadísticamente significativa al ser comparada con las otras resinas en estudio, excepto con la resina compuesta Z250, con la cual no hubo diferencias estadísticamente significativas. La hipótesis que se validó fue la hipótesis del trabajo.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ortega R. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al desgaste de 3 resinas compuestas de nanotecnología y 3 resinas compuestas convencionales [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2005. Disponible: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/ortega\\_r/sources/ortega\\_r.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/ortega_r/sources/ortega_r.pdf)

- **Montalvo IM.** Realizaron un estudio que se titula ***“Influencia de los tipos de polimerización ante el efecto de fuerzas compresivas sobre una resina de nano partícula, una resina Bulk Fill y un cerómero. Estudio in vitro”*** en **Ecuador (2017)**, El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de los tipos de polimerización ante el efecto de fuerzas compresivas sobre una resina de nano partícula, una resina bulk fill y un cerómero. Se elaboró 75 muestras cilíndricas con una dimensión estimada de 4mm de diámetro y 4mm de altura, los separamos en 5 grupos de 15 cada uno para su respectiva polimerización, estos fueron: Grupo control (G1) compuesto por muestras de cerómeros Ceramage con una fotopolimerización inicial con luz LED durante 40 seg más un curado final por calor dentro de un horno Solidilite V a una temperatura de 120°C por 5 min. La resina de nanopartícula 3M FILTEK Z350 XT recibieron una polimerización con luz por 40 seg y calor a una temperatura de 120°C por 5 min, la cual está conformada por dos grupos: (G2) muestras polimerizadas con luz y calor; y (G3) muestras polimerizadas solo con luz. Las muestras de resina bulk fill 3M FILTEK BULK FILL formadas por dos grupos más: (G4) polimerizadas con luz y calor y (G5) muestras polimerizadas con luz, bajo los mismos parámetros de los otros grupos. Se obtuvo un valor promedio para el grupo G1 de 204.87MPa, G2 de 85.27MPa, G3 50.94MPa, G4 193.77MPa y G5 57.61MPa. Concluyendo que la complementación de polimerización por luz y calor mejora las propiedades y confiere una mayor resistencia a la compresión a estos materiales, que la polimerización por luz.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Montalvo IM. Influencia de los tipos de polimerización ante el efecto de fuerzas compresivas sobre una resina de nano-partícula, una resina Bulk Fill y un cerómero. Estudio in vitro [Tesis Bachiller] [Quito-Ecuador]: Facultad de odontología de la Universidad Central del Ecuador; 2017. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11064>

- **Fierro FL, Borda BM, Duque AI, Moncayo S.** Hicieron un estudio titulado “**Resistencia comprensiva de premolares obturados**” (1998), Su objetivo principal fue medir la resistencia a la fractura de premolares con preparación MOD y restauración onlay, inlay, resina y amalgama al ser sometidos a una fuerza compresiva, un estudio descriptivo comparativo, de diseño experimental. Se realizó un muestreo intencional de 48 premolares (24 superiores y 24 inferiores) que fueron divididos en 4 grupos de 12 así: grupo I (restaurados con onlay metálica), grupo II (restaurados con Inlay metálica), grupo III (restaurados con resina), grupo IV (restaurados con amalgama). Se tomó en cuenta el tipo de restauración y su correspondiente resistencia comprensiva. El estudio concluyó que los premolares superiores e inferiores con onlay presentaron mayor resistencia compresiva, seguidos en orden descendente de los premolares inferiores con inlay, superiores con resina, inferiores con resina, inferiores con amalgama, superiores con inlay por último, superiores con amalgama.<sup>3</sup>
- **Ruiz JM, Ceballos L, Fuentes MY, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F.** Realizaron una investigación sobre las “**Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos**” (2003). El objetivo del estudio fue: Determinar la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de cinco resinas compuestas: Tetric Ceram, Ecusit, Spectrum TPH, Filtek Z-250, Degufill mineral; y dos resinas modificadas con poliácidos: Luxat e Ionosit. Se prepararon cinco muestras de cada material en un molde metálico rectangular (22x2x2 mm). Las muestras fueron polimerizadas, primero en el centro y luego en ambos extremos con una lámpara de luz halógena y después se conservaron en agua a 37° C durante 48 horas. Las muestras se pulieron para eliminar la capa de resina superficial y se sometieron al

---

<sup>3</sup> Fierro FL, Borda BM, Duque AI, Moncayo S. Resistencia comprensiva de premolares obturados [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 1998. Disponible: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=239189&indexSearch=ID#refine>

ensayo de flexión en 3 puntos con una máquina de tracción universal Instron con una velocidad de travesaño de 1mm/min. Los resultados (MPa) fueron analizados mediante los test de ANOVA y Student-Newman-Keuls ( $p < 0.05$ ). Los resultados determinaron que la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de la resina compuesta modificada con poliácidos Ionosit fueron significativamente menores que los determinados para los demás materiales evaluados.<sup>4</sup>

- **Botto I.** realizó un estudio titulado “*Estudio Comparativo in vitro de la resistencia compresiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta mono incremental (SonicFill™) y uno convencional (Herculite® Precis)*” en Chile (2013), La presente investigación corresponde a un estudio cuantitativo, experimental comparativo in vitro, con el objetivo de comparar el grado de resistencia compresiva y de dureza superficial lograda entre un sistema de resina compuesta mono incremental (Sonicfill™) y uno convencional (Herculite® Precis). Para el estudio de resistencia compresiva, se confeccionaron 30 cilindros de 4mm de diámetro y 5mm de alto de Herculite® Precis mediante técnica incremental y de Sonicfill™ mediante técnica monoincremental. Una vez confeccionados todos los cilindros (Sonicfill™ y Herculite® Precis), estos fueron mantenidos a 37°C y 100% de humedad relativa por 48 horas. Posteriormente, los cilindros fueron llevados al Instituto de Investigación y Ensayos de Materiales (IDIEM) donde fueron sometidos a carga hasta la fractura en una máquina de ensayo universal Tinius Olsen H5K-S, la cual fue configurada con una fuerza de carga de 5kN y una velocidad de cabezal de 1cm/min. Los resultados obtenidos demuestran que Sonicfill™ posee mejor resistencia compresiva y dureza superficial que la resina compuesta convencional

---

<sup>4</sup> Ruiz JM, Ceballos L, Fuentes MY, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. Av. Odontostomatol; 2003. Disponible: <http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v19n6/original4.pdf>

Herculite® Precis, los cuales demostraron que existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos.<sup>5</sup>

- **Blanco S, Frias S, Taron A, Bustillo JM, Diaz A.** Realizaron un estudio de “*Resistencia a la compresión del ionómero de vidrio y de la resina compuesta. Estudio in vitro*” en **México (2017)**, con el objetivo de evaluar la resistencia a la compresión en restauraciones de ionómero de vidrio y de resina compuesta en cavidades clase I en premolares. Un estudio experimental in vitro, para evaluar la resistencia a la compresión de dos tipos de materiales restaurador estomatológico, utilizando como objeto de estudio 52 dientes premolares birradiculares. Las muestras fueron distribuidas en cuatro grupos con diferencias en sus características, como fueron el material restaurador y la profundidad de la cavidad (2-4 mm). Se empleó como material restaurador ionómero de vidrio y resina compuesta. Las muestras grupales fueron sometidas a una fuerza vertical compresiva utilizando un texturómetro EZ-S SHIMADZU hasta lograr producir la fractura del material. Para evaluar la normalidad los datos obtenidos se sometieron a la prueba Shapiro-Wilk que rechazó la hipótesis nula. El análisis de los datos totales se realizó a través del test t-Student para muestras independientes. Los resultados obtenidos al evaluar la dureza superficial de los diferentes materiales restauradores, muestran que existen diferencias estadísticas a favor de la resina compuesta en comparación con el ionómero de vidrio en ambas profundidades ( $p = 6.908 \times 10^{-11}$  y  $p = 0.000$ ), y en la comparación intragrupal se aprecia una diferencia significativa entre los dos grupos de resina e ionómeros a distinta profundidad ( $p = 0.000155887$  y  $p = 0.00257443$ ). Llegando a la conclusión de que al evaluar las cavidades de los órganos dentarios de 4 mm de profundidad,

---

<sup>5</sup> Botto I. Estudio Comparativo in vitro de la resistencia compresiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta mono incremental (SonicFill™) y uno convencional (Herculite® Precis) [tesis Bachiller] [Santiago de Chile]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2013. Disponible: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117406/Botto%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

que fueron restaurados con resina Tetric N-Ceram, éstas presentan mayor dureza en comparación con los que fueron restaurados con resina Vitremer™ a 2 y 4 mm y que la misma resina a 2 mm de profundidad.<sup>6</sup>

- **Garzon JE.** Realizo una investigación titulado “**estudio comparativo de resistencia a la compresión de la resina filtek p60 3m sometida a calor y presión; estudio in vitro**” en **Ecuador (2016)**, el estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión de la resina FILTEK P60 polimerizada con lámpara LED, a través de 45 cuerpos cilíndricos, con medidas de 6 mm de alto y 3 mm de diámetro divididos en tres grupos de 15; el grupo control polimerizado con luz led por 20 segundos, el grupo A polimerizado con luz led y sometido a calor y presión de autoclave (120C con 2 atm de presión durante 20 minutos), finalmente un grupo B polimerizado con luz led y sometido a calor de esterilizadora (120C durante 20 minutos) Sometiendo todos a un ensayo de compresión en la máquina de ensayos universales. Los resultados obtenidos demostraron mejor resistencia a la compresión del grupo B y A sobre grupo control, pero un valor similar no significativo entre ellos.<sup>7</sup>
- **Naranjo RM, Duque S, Felipe A.** Hicieron una investigación sobre la “**Micro dureza en tres tipos de resinas dentales compuestas al polimerizarse con dos fuentes de luz a diferentes distancias**”, Se realizarán 10 muestras en 24 grupos, donde se evaluarán: 2 tipos de lámpara: QTH (Optilux“501 Kerr) y LED (Bluephase“ G2); 3 tipos de resinas: Filtek™ Z350 XT 3M, IPS Empress Direct“ y Filtek™ P60 3M;

---

<sup>6</sup> Blanco S, Frias S, Taron A, Bustillo JM, Diaz A. Resistencia a la compresión del ionómero de vidrio y de la resina compuesta. Estudio in vitro [Tesis Bachiller] Revista Odontológica Mexicana; 2017. Disponible: [https://ac.els-cdn.com/S1870199X17300411/1-s2.0-S1870199X17300411-main.pdf?\\_tid=c43d5346-b903-11e7-97b8-00000aacb361&acdnat=1508881328\\_2b9ff5dbaf42a7d11e730be2dabf5827](https://ac.els-cdn.com/S1870199X17300411/1-s2.0-S1870199X17300411-main.pdf?_tid=c43d5346-b903-11e7-97b8-00000aacb361&acdnat=1508881328_2b9ff5dbaf42a7d11e730be2dabf5827)

<sup>7</sup> Garzon JE. estudio comparativo de resistencia a la compresión de la resina filtek P60 3m sometida a calor y presión; estudio in vitro [Tesis Bachiller] [Quito-Ecuador]: Facultad de Odontología de la Universidad central del Ecuador; 2016. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6683/1/T-UCE-0015-341.pdf>

y 4 distancias diferentes desde el haz de luz hasta la resina (0mm, 2mm, 4mm, 6mm). Se cuantificará la dureza a la penetración en Vickers en cada muestra. Como resultado se encontró mayores valores de dureza Vickers con la resina Filtek™ Z350 XT 3M (267 Vickers), seguida por la resina Filtek™ P60 3M (249 Vickers) y la que menor valor presento fue la resina IPS Empress Direct™ (158 Vickers); la lámpara LED (Bluephase™ G2) tuvo mejor efectividad de polimerización y las distancias de 0mm y 2mm tuvieron mayores valores de dureza Vickers en las resinas Filtek™ Z350 XT 3M y Filtek™ P60 3M, la resina IPS Empress Direct™ tuvo los valores más bajos en las dos variables evaluados. Conclusiones: la resina Filtek™ Z350 XT 3M presento mayores valores de dureza Vickers a una distancia de 0mm y 2mm con la lámpara LED (Bluephase™G2).<sup>8</sup>

### 2.1.2. Nacionales

- **Edison D, Huayhua R.** realizaron un estudio titulado **“Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas” (2013)**, El propósito de este estudio fue comparar la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas (Z250) (TPH SPECTRUM) y nano híbridas (Z250 XT) (TPH3). El estudio es comparativo analítico y transversal. La muestra estuvo constituida por 15 cilindros de resina de cada tipo (1 de microhíbrida TPH SPECTRUM, 1 de resina microhíbrida Z250, 1 de resina nanohíbrida TPH3 y 1 de resina nanohíbrida Z250 XT) de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura, siendo un total de 60 muestras, que luego fueron llevados a la maquina universal de ensayos marca AMSLER donde se les midió la resistencia compresiva. Los resultados fueron que La resistencia compresiva promedio de la resina micro

---

<sup>8</sup> Naranjo RM, Duque S, Felipe A. Evaluación de la microdureza en tres tipos de resinas dentales compuestas al polimerizarse con dos fuentes de luz a diferentes distancias [Tesis] Universidad Ces, Medellín. Disponible: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/PROYECTO/jhanet/Evaluacion\\_Microdureza.pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/PROYECTO/jhanet/Evaluacion_Microdureza.pdf)

híbrida TPH SPECTRUM fue mayor, estadísticamente significativa, que la micro híbrida Z250. La resistencia compresiva promedio de la resina micro híbrida TPH SPECTRUM fue mayor, estadísticamente significativa, que la de las nanohíbridas TPH3 y Z250 XT. La resistencia compresiva promedio de la resina nanohíbrida TPH3 fue similar, estadísticamente significativa, que la de la nanohíbrida Z250 XT. La resistencia compresiva promedio de la resina microhíbrida Z250 fue similar, Estadísticamente significativa, que la de las nanohíbridas TPH3 y Z250 XT.<sup>9</sup>

- **Loyola G.** Realizaron una **“evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina de nanorelleno y una resina compuesta posterior” (2012)**, con el objetivo Evaluar la microdureza superficial de dos materiales restauradores de uso directo luego de ser sometidos al durómetro (resina de nanorelleno (Z350XT 3M) y una resina compuesta posterior (P60 3M) respectivamente), la investigación es de tipo experimental, prospectivo y transversal. Se elaboraron 15 cilindros de 4mm de diámetro y 2mm de altura de cada uno de los materiales en estudio. La microdureza superficial fue medida en Vickers(vk) y para ello se utilizó el test de microdureza de Vickers, usando un microdurómetro que tiene un diamante indentador, aplicando una carga de 100g por 15 segundos. Para determinar si hubo una varianza estadística significativa entre las medidas de microdureza de los materiales evaluados, se utilizó la prueba T-Student y para hacer una comparación entre las variaciones de los dos materiales, se utilizó la prueba de Anova. Los resultados mostraron que la resina P60 presento mayor promedio de microdureza superficial que la resina de nanorelleno Z350. Concluyéndose que hubo

---

<sup>9</sup> Edison D, Huayhua R. Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Mayor de San Marcos; 2013. Disponible: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3073>

diferencia significativa entre las microdurezas superficiales de los dos materiales evaluados.<sup>10</sup>

- **Acurio, P; Falcón, G; Casas, L.** Hizo un Estudio “**Comparativo de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill**” (2017), el propósito de este estudio fue comparar la resistencia compresiva de 2 resinas tipo Bulk fill y 2 resinas convencionales. Se elaboraron 136 muestras cilíndricas (2mm y 4mm), divididos en 8 grupos (n=17); G1 SonicFill™ (4x2mm), G2 SonicFill™ (4x4mm), G3 Tetric® N-Ceram Bulk Fill (4x2mm), G4 Tetric® N-Ceram Bulk Fill (4x4mm), G5 Filtek™ Z250 XT (4X2mm), G6 Filtek™ Z250 XT (4x4mm), G7 Te-Econom Plus® (4x2mm) y G8 Te-Econom Plus® (4x4mm). La resistencia compresiva fue evaluada con la máquina Instron® a una velocidad de desplazamiento fijo de 1,0mm/min. Los test de ANOVA, Kruskal Wallis, t Student y U de Mann Whitney fueron empleados para el análisis estadístico. Resultados: para las resinas Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill (310,06-4x2mm, 303,87-4x4mm) mostró mayor resistencia compresiva que SonicFill™. Para las resinas convencionales, Filtek™ Z250 XT (295,9-4x2mm, 289,7-4x4mm) obtuvo mayor resistencia compresiva que Te-Econom Plus®. A la comparación de todos los grupos, Tetric® N-Ceram Bulk Fill presentó los valores compresivos más altos en ambos espesores 4x2mm (0,122) y 4x4mm (0,333), con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,001^*$ -4x2mm,  $p = 0,004$ - 4x4mm). Conclusión: Tetric® N-Ceram Bulk Fill puede ser una buena opción para restauraciones posteriores, ya que su propiedad mecánica de resistencia compresiva es superior en relación con las otras evaluadas.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup>Loyola GM. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina de nanorelleno y una resina compuesta posterior [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Mayor de San Marcos; 2012. Disponible: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4018>

<sup>11</sup>Acurio P, Falcón G, Casas L. Estudio Comparativo de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill [Lima (PE)]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2017. Disponible: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n27/1659-0775-odov-27-00069.pdf>

- **Mezarina FN.** Realizo un estudio de “*comparación in vitro de la resistencia a la compresión de las resinas compuestas te-econom plus®, tetric nceram® y tetric n-ceram bulk fill®*” (2016), con el Objetivo de comparar in vitro la resistencia a la compresión de las resinas compuestas TeEconom Plus® (microhíbrida), Tetric N- Ceram® (nanohíbrida) y Tetric N- Ceram Bulk Fill® (nanohíbrida). El estudio fue experimental in vitro, para el cual se confeccionó 39 cuerpos de prueba de resina compuesta mediante una matriz metálica de dimensiones de 6mm de alto y 4mm de diámetro y fueron agrupados en 3 grupos de 12 muestras cada uno. Grupo 1: Te-Econom Plus® -Ivoclar Vivadent, grupo 2: ® Tetric N- Ceram® - Ivoclar Vivadent y grupo 3: Tetric N- Ceram Bulk Fill- Ivoclar Vivadent. En los grupos 1 y 2 se realizaron tres incrementos de 2mm con un tiempo de fotopolimerización de 20 segundos por incremento y en el grupo 3 se realizó el primer incremento de 4mm y el segundo de 2mm con un tiempo de fotopolimerizado de 10 segundos por incremento. La resistencia a la compresión se realizó mediante el test de compresión con la máquina de ensayo universal Instron®. Los resultados fueron analizados con las pruebas de t de Student para los grupos que presenten normalidad y U de Mann Whitney para aquellos que no presentaron esta distribución. Además, se compararon los tres grupos mediante la prueba de Kruskal Wallis. Los resultados fueron que la resina de con mayor resistencia a la compresión fue la resina compuesta nanohíbrida Tetric N- Ceram® - Ivoclar Vivadent con una media de 371.82MPa. Se comparó in vitro la resistencia a la compresión de resinas compuestas Te-econom®, Tetric N- Ceram® y Tetric N Ceram Bulk Fill® y se encontró una diferencia significativa de  $p=0.0289$ .<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup>Mezarina FN. Comparación in vitro de la resistencia a la compresión de las resinas compuestas TE-ECONOM PLUS®, TETRIC NCERAM® y TETRIC N-CERAM BULK FILL® [Tesis Bachiller] [Lima-Perú]: Facultad de Odontología de la Universidad peruana de Ciencias Aplicadas; 2016. Disponible: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620703/1/original.pdf>

### 2.1.3. Locales

- **SANDOVAL. (2015)** Realizo un estudio donde se evaluó si existe diferencia en la resistencia a la fractura a la carga estática transversal in vitro de las resinas filtek Z350 XT 3m-espe, tetric N-ceram ivoclar vivadent y aelite aesthetic enamel bisco, Es un estudio experimental, prospectivo, analítico y transversal de nivel relacional. La muestra estuvo constituida por 30 cubos de resina aleatorizados en tres grupos de 10 cada uno, de 5 mm de diámetro por 8 mm de altura. Todas las muestras se almacenaron en una estufa a una temperatura de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  y a 100% de humedad relativa sometida en agua destilada durante 24 horas antes de someterlo a pruebas. Para las mediciones de la resistencia a la fractura se utilizó la “Máquina de tensión y compresión Hounfield” de la Facultad de Ingeniería de Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería. La unidad de medición fue Kg-f. Antes de la aplicación de la carga estática transversal se procedió a cegar al ingeniero mecánico la distribución de los grupos de intervención. El procesamiento se realizó en el paquete estadístico IBM SPSS Statics versión 22 y para su análisis se utilizó la prueba no paramétrica análisis de un factor “ANOVA” y una prueba de Post Hoc HSD Tukey; previamente se demostró que las variables numéricas tenían distribución normal para lo cual se utilizó la prueba Kolmogorov Smirnov con un nivel de significancia de 0,05 y un intervalo de confianza del 95,0%. En el resultado se encontró que la resina AELITE AESTHETIC ENAMEL tuvo una resistencia a la fractura de 565 Kg-f con un promedio de 389.4 Kg-f  $\pm$  127,8; la resina TETRIC N-CERAM tuvo una resistencia a la fractura de 467 Kg-f con un promedio de 358,9 Kg-f  $\pm$  77,3; mientras que la resina FILTEK Z350 XT tuvo una resistencia a la fractura de 470 Kg-f con un promedio de 318,9 Kg-f  $\pm$  86,9; dado que la resina AELITE AESTHETIC ENAMEL tuvo una mayor resistencia a la fractura en comparación con las resinas TETRIC N-CERAM y FILTEK Z350 XT.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> SANDOVAL. Resistencia a la fractura frente a carga estática transversal in vitro de las resinas FILTEK Z350 XT 3M-ESPE, TETRIC® N-CERAM IVOCLEAR VIVADENT y AELITE AESTHETIC ENAMEL BISCO [Tesis Bachiller] [Ica-Perú]: Facultad de Odontología de la Universidad Alas Peruanas; 2015.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. LAS FUERZAS COMPRESIVAS**

#### **2.2.1.1. Resistencia compresiva**

Durante la masticación los dientes están sometidos principalmente a tres tipos básicos de deformación:

- 1) deformación por fuerza compresiva: cuando el objeto está sometido a una fuerza que trata de acortarlo.
- 2) deformación por fuerza tensional: cuando el objeto está sometido a una fuerza que trata de aumentar su longitud.
- 3) deformación por fuerza de corte: cuando el objeto está sometido a dos fuerzas paralelas que tratan de doblar una porción del objeto sobre sí mismo.<sup>14</sup>

La resistencia compresiva es una propiedad mecánica importante de los composites debido a la gran carga masticatoria que deben soportar durante la masticación, es decir que tanto puede resistir la compresión hasta el punto de fracturarse, por lo que lo ideal es encontrar valores altos de compresión conforme avanza la tecnología de relleno de las resinas compuestas.

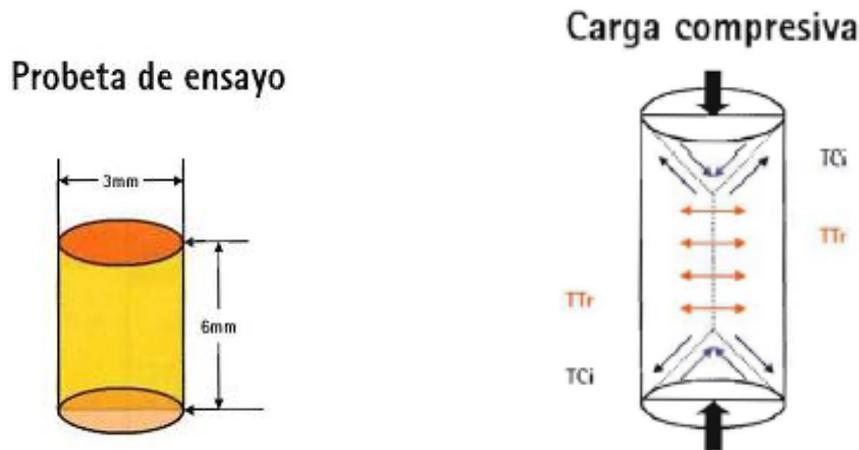
Cuando dos fuerzas de igual dirección (actuando sobre una misma recta) y de sentido contrario tienden a disminuir la longitud del cuerpo (aplastarlo o comprimirlo) se produce una deformación compresiva y si se estudia la tensión máxima que puede llegar a inducir, se habla de resistencia compresiva.

Para estandarizar el estudio de la resistencia compresiva, el cuerpo de prueba debe ser cilíndrico y su altura, el doble de su diámetro. Esto se debe a que cuando se somete un cuerpo a la compresión, su ruptura es consecuencia de una serie de tensiones muy complejas, que se generan en el seno del cuerpo. Esto se puede ver en la imagen, que muestra un corte transversal de un cilindro recto, sometido a una compresión. Como se puede observar, las cargas compresivas actúan en la ruptura de un cuerpo cilíndrico generando dos tipos de tensiones: las de cizallamiento y las traccionales. Las primeras adoptan

---

<sup>14</sup> Murgueitio R. Propiedades mecánicas en odontología [Internet]. Revista Estomatológica de la Universidad Chile. Disponible: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/2550/1/Propiedades%20mecanicas%20en%20odontologia.pdf>

forma de cono en ambas superficies del cuerpo, y las segundas, se generan desde la parte central del cilindro hacia las paredes laterales.<sup>9</sup>



Fractura por carga compresiva

Medir la resistencia de un material representa medir cual es la carga externa (Debido a que la resistencia interna no es tan practicable de ser medida, se opta por calcular las fuerzas externas<sup>10</sup>) necesaria para romper un cuerpo construido con ese material o cual es la tensión máxima que genera sus uniones antes de romperse.<sup>15</sup> Como la fuerza puede medirse (en unidades como el newton) Por consiguiente, la unidad de tensión equivale a la unidad de fuerza (N) dividida por una unidad de superficie o de longitud al cuadrado, y se suele expresar como Pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). Sin embargo, es frecuente encontrar la tensión en megapascales (MPa), por lo que  $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ .<sup>10</sup>

### 2.2.1.2. Calculo de la resistencia compresiva

Ya sabemos que los cuerpos ante cargas opuestas se deforman y se rompen. Estas deformaciones y rupturas no solo dependen de la naturaleza del biomaterial del cual se encuentran formados y de la carga aplicada, sino también de la forma del cuerpo. Para evitar que el factor forma del cuerpo influya en los experimentos que miden cargas o tensiones y deformaciones, se ha estandarizado la forma y dimensiones de los cuerpos de prueba, llamadas

<sup>15</sup> Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 20-23 pp

también probetas de ensayo. Por lo general, son cuerpos cilíndricos, cuyo alto es el doble de su diámetro.

Analicemos un ejemplo claro para aclarar el concepto. Pensemos en una probeta confeccionada en una resina compuesta o un composite de 6mm de diámetro y 12mm de altura, a la que someteremos a una fuerza compresiva en una máquina de ensayo universal, que progresivamente irá aumentando 1mm/min hasta que se rompa, supongamos para el ejemplo se produce ante una fuerza de 1.230 newton (la maquina permite la medición de esa fuerza) pero aplicada a toda la sección de la probeta cilíndrica. Teniendo en cuenta su diámetro, la superficie sobre la que actuó la fuerza será.

$$\text{Superficie: } \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot (3\text{mm})^2 = 28,3\text{mm}^2$$

La tensión máxima soportada o resistencia es entonces:

$$\text{Resistencia Compresiva (T)} = 1.230\text{N} / 28,3 \text{ mm}^2 = 43,5 \text{ N/mm}^2$$

Lo que es lo mismo a 43,5 MPa, ya que un metro cuadrado equivale a un millón de milímetros cuadrados.<sup>13</sup>

### 2.2.2. RESINA COMPUESTA

Los composites o resinas compuestas son materiales sintéticos que están mezclados heterogéneamente y que forman un compuesto, como su nombre indica. Están compuestos por moléculas de elementos variados. Estos componentes pueden ser de dos tipos: los de cohesión y los de refuerzo. Los componentes de cohesión envuelven y unen los componentes de refuerzo (o simplemente refuerzos) manteniendo la rigidez y la posición de éstos. Los refuerzos confieren unas propiedades físicas al conjunto tal que mejoran las propiedades de cohesión y rigidez. Así, esta combinación de materiales le da al compuesto unas propiedades mecánicas notablemente superiores a las de las materias primas de las que procede.

### 2.2.2.1. Historia

Las resinas compuestas tuvieron sus inicios durante la primera mitad del siglo XX. 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. A finales de los años 40, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo. Lamentablemente, estas resinas acrílicas presentan baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada y en consecuencia mucha filtración 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. Desde ese entonces, las resinas compuestas han sido testigo de numerosos avances y su futuro es aún más prometedor, ya que se están investigando prototipos que superarían sus principales deficiencias, sobre todo para resolver la contracción de polimerización y el estrés asociado a esta.
- En 1955 Buonocore utilizó el ácido ortofosfórico para incrementar la adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina.
- En 1962 Bowen desarrolló el monómero del Bis-GMA, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. Estos primeros composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador con los consiguientes problemas derivados de la proporción, batido y estabilidad de color.
- En 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante radiaciones electromagnéticas que obviaban la mezcla y sus inconvenientes, se utilizó en los primeros momentos la energía luminosa de una fuente de luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos

iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fue sustituida por la luz visible (427- 491 nm), actualmente en uso y desarrollo. El desarrollo de los composites ha sido y es incesante, lo que obliga a una continua actualización.

### **2.2.2.2. Características de los composites**

Los componentes estructurales básicos de las resinas compuestas son: Las propiedades físicas, mecánicas, estéticas y el comportamiento clínico dependen de la estructura del material. Básicamente, los composites dentales están compuestos por tres materiales químicamente diferentes: **la matriz orgánica** o fase orgánica; **la matriz inorgánica**, material de relleno o fase dispersa; para generar esa unión entre ambas fases, las partículas inorgánicas son preparadas industrialmente con un **agente de enlace**<sup>16</sup> (molécula bifuncional capaz de reaccionar a dos sustancias diferentes). Este agente en este caso un vinil-silano (Gamma-metacriloxietiltrimetoxilano), sustancia que tienen en su molécula grupos silano y grupos vinílicos.

Los grupos silano contienen átomos de silicio, con la que se logra una unión química a la parte cerámica. Los grupos vinílicos, permiten la reacción y unión con la fase orgánica cuando las moléculas de esta polimerizan.<sup>17</sup>

#### **2.2.2.2.1. Matriz Orgánica:**

Está constituido por una mezcla de monómeros de dimetacrilato alifáticos y aromáticos, como la Bis-GMA, uno de los ingredientes más utilizados el trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) y el dimetacrilato de uretano (UDMA). El UDMA, la bis-GMA y el TEGDMA son los ingredientes que más se emplean para formar estructuras de polímeros entre cruzados.<sup>18</sup>

En condiciones comunes de polimerización, el grado de conversión del Bis-GMA es bajo. Para superar estas deficiencias, se añaden monómeros de baja

---

<sup>16</sup> Hervás GA, Martínez LM, Cabanes VJ, Barjau EA, Fos GP. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas [Internet]. Revista Ecielo. 2006. Disponible: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200023](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023)

<sup>17</sup>Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 158 p

<sup>18</sup>Phillip. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice. 11va Ed. 402 p

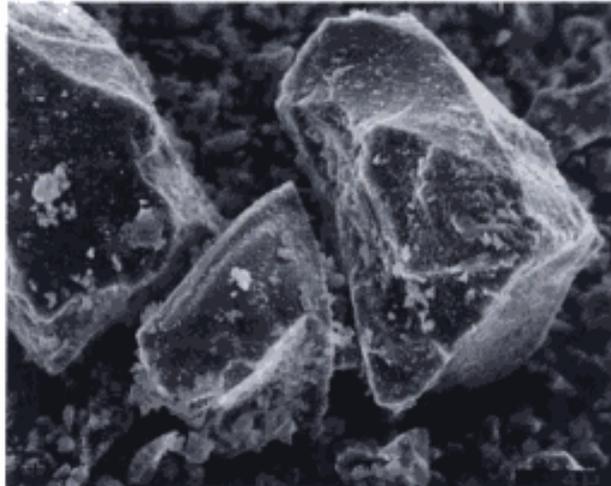
viscosidad tales como el TEGDMA (trietilenglicol dimetacrilato). Actualmente el sistema Bis-GMA/TEGDMA es uno de los más usados en las resinas compuestas.

Por otro lado, la molécula de Bis-GMA, tiene dos grupos hidroxilos los cuales promueven la torsión de agua. Un exceso de torsión acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica. Actualmente, monómeros menos viscosos como el Bis-EMA6 (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), han sido incorporados en algunas resinas, lo que causa una reducción de TEGDMA. El Bis-EMA6 posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia, produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable como también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad.

Otro monómero ampliamente utilizado, acompañado o no de Bis-GMA, es el UDMA (dimetacrilato de uretano), su ventaja es que posee menos viscosidad y mayor flexibilidad, lo que mejora la resistencia de la resina. Las resinas compuestas basadas en UDMA pueden polimerizar más que las basadas en Bis-GMA, sin embargo, Soderholm y col. indicaron que la profundidad de curado era menor en ciertas resinas compuestas basadas en UDMA debido a una diferencia entre el índice de refracción de luz entre el monómero y el relleno.<sup>17</sup>

#### **2.2.2.2.2. Partículas de relleno**

Son las que proporcionan estabilidad dimensional a la matriz resinosa y mejoran sustancialmente las propiedades. La adición de estas partículas a la matriz reduce la contracción de polimerización, la torsión acuosa y el coeficiente de expansión térmica, proporcionando un aumento de la resistencia a la tracción, compresión, abrasión y aumentando el módulo de elasticidad. Las partículas de relleno más utilizadas son las de cuarzo o vidrio de bario y son obtenidas de diferentes tamaños a través de diferentes procesos de fabricación (pulverización, trituración, molido) para obtener partículas de un tamaño que oscilan entre los 0,1 y 100um.<sup>15</sup>



Partículas de cuarzo triturado de 20 a 30  $\mu\text{m}$

Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de que proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (Silano). También son utilizadas partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (micro partículas), las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos (quema) o de precipitación (sílice coloidal). La tendencia actual es la disminución del tamaño de las partículas, haciendo que la distribución sea lo más cercana posible, en torno a 0.05  $\mu\text{m}$ . Es importante resaltar que cuanto mayor sea la incorporación de relleno a la matriz, mejor serían las propiedades de la resina, ya que, produce menor contracción de polimerización y en consecuencia menor filtración marginal. Sin embargo, tan importante como la contracción de polimerización, es la tensión o el estrés de contracción de polimerización, o sea, la relación entre la contracción de la resina, su módulo de elasticidad (rigidez) y la cantidad de paredes o superficies dentarias a unir. Con esto, las resinas con altísima incorporación de relleno acaban contrayendo menos, pero causando mayor estrés de contracción lo que conlleva a mayor filtración, por ser demasiado rígidas. Una clasificación aún válida es la propuesta por Lutz y Phillips.<sup>24</sup> Esta clasificación divide las resinas basado en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en:

#### **2.2.2.2.1. Resinas de macrorelleno o convencionales**

Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50  $\mu\text{m}$ . Este tipo de resinas fue muy utilizado, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso. 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 influencia el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación. Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario. El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad, pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista. El vidrio de estroncio o bario son radiopacos, pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo.

#### **Características:**

- Alta carga de relleno (68-80%)
- Resistencia a la fractura.
- Poco pulibles. Resistencia a la fractura media a alta.
- Resistencia compresiva de media a alta.
- Buen pulido, pero menos brillo y excelente estabilidad de color.<sup>19</sup>

#### **2.2.2.2.2. Resinas de microrelleno**

Contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05  $\mu\text{m}$ . 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.<sup>19 17</sup>

#### **Características:**

---

<sup>19</sup>Cova, JL. Biomateriales Dentales. Editorial Amolca. 2da Ed. 255 p

- Baja carga de relleno.
- Excelente pulido
- Baja resistencia a la fractura
- Buena estabilidad de color
- La mayoría no son radiopacos

#### **2.2.2.2.3. Resinas híbridas**

Estas resinas están reforzadas por una fase inorgánica de vidrios y sílice coloidal de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 75-80 %, con tamaños de partículas que oscilan entre 1 y 0,4  $\mu\text{m}$ . Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la odontología.

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 torsión acuosa.
- Excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste.
- Coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias.
- Formulado para el uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia.<sup>25</sup>

#### **2.2.2.2.3.1. Híbridos Modernos**

Este tipo de resinas tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub-micrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula reducida (desde 0.4 $\mu\text{m}$  a 1.0 $\mu\text{m}$ ), unido al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste y otras propiedades mecánicas adecuadas. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez.<sup>24</sup>

### **2.2.2.2.3.2. Resinas de Nanorellenos**

El prefijo “nano” proviene del griego y significa “enano”. Usualmente se emplea la palabra nanociencia para referirse al estudio de los fenómenos y el manejo de la materia a escala manométrica (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro; un nano=0,000000001).<sup>20</sup>

En teoría, la nanotecnología puede utilizarse para lograr que los productos sean más ligeros, más fuertes, más accesibles y más exactos. Si este tipo de material se usara para fabricar un avión, éste podría pesar 50 veces menos y ser igual de resistente.

A partir de aquí las investigaciones en el campo de la odontología se empezaron a desarrollar enfocados básicamente a los materiales empleados en la operatoria dental es así que esta fue la especialidad más beneficiada con las bondades de la nanotecnología.

Los resultados de este impulso, se vieron posteriormente reflejados con la aparición de sistemas adhesivos y resinas compuestas que contaban con nano-partículas incorporadas dentro de su composición. Este tipo de resinas son un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01µm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75 nm. El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de micro-relleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.<sup>32</sup>

17 19

---

<sup>20</sup>Martinez H, Abdala H, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. Revista CES Odontología; 2011. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceso/v24n2/v24n2a10.pdf>

### **Características de las nanopartículas:**

- Las nanopartículas son de tamaños menores (Un cuerpo reflejará la luz cuando tenga un tamaño mínimo similar a la mitad de la longitud de onda menor del espectro de luz visible que es 400 nm, o sea que ese cuerpo deberá tener más de 200 nm para reflejar la luz) por lo que las ondas de luz no rebotan en ellas. Se comportan como transparentes, la luz las atraviesa sin reflejarse en ellas. Por esta razón es que se les puede incorporar en la composición de los composites sin modificar la opacidad/translucidez de los mismos.
- Otro aspecto a considerar es que las nanopartículas tienen (en virtud de su tamaño) comportamientos atípicos de sólidos. Se comportan como líquidos: una composición de un composite que sólo posea nanopartículas generará un líquido viscoso y transparente. Cuanto más nanopartículas se incorporen, más líquido será ese material. Por esta razón se podrán incorporar en un composite y no modificarán la viscosidad, tal vez hasta lo fluidifique. Pero estas características de ser transparentes y comportarse como líquidos las invalidan como material de relleno único. Deben acompañarse de partículas más grandes, de tamaño promedio de 0.7 micrones.

Estas partículas actuarán como soporte o andamiaje para las nanométricas y otorgan viscosidad al material, regulan la consistencia, dan el color, la opacidad y dan la radiopacidad. Justamente, las distintas formas de otorgar ese andamiaje a las nanopartículas son la diferencia más importante con respecto a los distintos desarrollos comerciales. Algunos fabricantes emplean partículas micrométricas combinándolas con las nanométricas (VOCO), otros utilizan como partícula de andamiaje a las mismas nanométricas pero aglomeradas formando los llamados “nanocluster” (3M/Espe, Filtek Supreme) que posee un tamaño promedio de 0,075 micrón. Cuando se combinan nanopartículas con partículas de tamaño promedio 0,7  $\mu\text{m}$  en un mismo composite, éste se denomina composite nanohíbrido. <sup>24 19 17 20</sup>

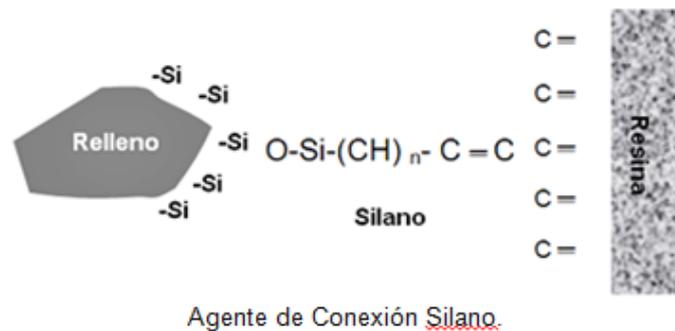
### **2.2.2.2.3. Agente de conexión o de acoplamiento**

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  $\gamma$ - metacril-oxipropil trimetoxi-silano (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. Se han experimentado otros agentes tales como el 4-META, varios titanatos y zirconatos, sin embargo ninguno de estos agentes demostró ser superior al MPS.

Los avances en la tecnología de silanización se preocupan más que nada en obtener un recubrimiento uniforme de la partícula de relleno lo cual provee mejores propiedades a la resina compuesta. Para lograr este recubrimiento uniforme, los fabricantes utilizan diferentes formas de cubrimiento y recubren hasta tres veces la partícula de relleno.<sup>17 19</sup>



#### 2.2.2.2.4. Polimerización intrabucal

Las radiaciones electromagnéticas pueden ser identificadas por una red o longitud de onda. Su espectro comienza en valores inferiores al nanómetro y se extiende hasta valores superiores al metro o sus múltiplos, como las ondas de radio o televisión.

Entre ambos extremos se encuentra el espectro de la llamada luz visible, radiaciones que el ser humano es capaz de reconocer con el sentido de la visión. Su rango es de 400 y 700 nm (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ), las radiaciones que se perciben como violetas están en el límite inferior y las rojas en el límite superior. Las radiaciones que se utilizan a nivel de la cavidad oral deben reunir ciertos requisitos:

- No debe tener una longitud de onda reducida (menor de 300nm), ya que son incompatible con la seguridad biológica, están son absorbidas por los tejidos y células a las que causan daños irreversibles.
- En el otro extremo, las radiaciones de una larga longitud de onda (radio y televisión) no resultan aptas, por estar en abundancia en el ambiente, estas actuarían en cualquier momento y no en el momento en que el profesional lo considere oportuno. También las luces cercanas al rojo, aun las rojas, son absorbidas por el agua y las sustancias que la contienen como los tejidos vitales. Esta absorción se traduce en una elevación de temperatura que no es compatible con los tejidos vitales.<sup>21</sup>

<sup>21</sup>Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 171-186 pp

Desde la década de los 60, se inició el auge de los materiales fotopolimerizables en odontología, es decir aquellos materiales en los que gracias a que poseen en su composición iniciadores fotoactivables, desencadenan el proceso de polimerización.

El proceso de polimerización de los monómeros en las resinas compuestas se puede lograr de varias formas. En cualquiera de sus formas es necesaria la acción de los radicales libres para iniciar la reacción. Para que estos radicales libres se generen es necesario un estímulo externo. Según Yearn, en las resinas auto-curadas el estímulo proviene de la mezcla de dos pastas, una de las cuales tiene un activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxietyl-p-toluidina) y la otra un iniciador (peróxido de benzoílo). En el caso de los sistemas foto-curados, la energía de la luz visible provee el estímulo que activa un iniciador en la resina (canforoquinonas, lucerinas u otras diquetonas). Es necesaria que la resina sea expuesta a una fuente de luz con la adecuada longitud de onda entre 420 y 500 nanómetros en el espectro de luz visible (también denominados dispositivos de luz azul). Sin embargo, el clínico debe ser cuidadoso en minimizar la exposición de luz, hasta que el material esté listo para curar, de otra forma puede comenzar una polimerización prematura y el tiempo de trabajo se puede reducir considerablemente. Otra forma común de polimerizar las resinas es a través de la aplicación de calor solo o en conjunto con fotocurado. Este procedimiento es bastante común en las resinas usadas en laboratorio para la fabricación de inlays y onlays. Para los materiales termo-curados, temperaturas de 100 °C o más, proveen la temperatura la cual sirve de estímulo para activar el iniciador. El termo curado luego del fotocurado mejora las propiedades de la resina sobre todo la resistencia al desgaste y la resistencia a la degradación marginal. Cualquiera de estos mecanismos es eficiente y produce un alto grado de polimerización en condiciones apropiadas.<sup>20</sup>

#### 1.2.2.2.4.1. Factores que Afectan la calidad de polimerización.

- a. **Tiempo de foto activación:** el tiempo de exposición a la luz surge de la fórmula de potencia (trabajo/tiempo). Por eso es imprescindible del tiempo de exposición a la luz que indica el fabricante.
- b. **Espesor del material:** por lo general se estima que no debe pasar un espesor de 2 mm por capa del material a polimerizar. En caso contrario a medida que la luz penetra en la masa del material es absorbida y pierde capacidad de hacer polimerizar las zonas profundas.
- c. **Distancia de luz-material:** la distancia debe ser mínima (<1mm), evitando el contacto al material-punta.
- d. **Color u opacidad del material:** cuanto más oscuro y opaco es un composite, tanto menor es la profundidad de polimerización.<sup>20 21</sup>

#### 1.2.2.2.4.2. Tipos de materiales para el fotocurado intrabucal

- a. **Unidades de luz ultravioleta:** Fueron desarrollados a comienzos de los años 60. La longitud de onda promedio emitida por ellas fue de 360 nanómetros, requerida para activar al iniciador benzó-metil-eter que desencadenaba la formación de radicales libres, permitiendo la formación de cadenas poliméricas en los materiales fabricados para dicha tecnología, como fue la resina compuesta NUVA-LITE (L.D. Caulk) y los sellantes de fosas y fisuras NUVA-SEAL. Estos sistemas inicialmente fueron bien recibidos, gracias a que permitían facilidad en el modelado de las restauraciones y un mayor tiempo de trabajo frente a la técnica tradicional de autocurado; sin embargo, desaparecieron dado el riesgo biológico inherente.<sup>23</sup>
- b. **Unidades de luz halógena:** La luz azul requerida para activar los fotoiniciadores contenidos en los materiales fotopolimerizables, se logra interponiendo un filtro entre la luz blanca emitida y la punta óptica. De esta manera se tiene una banda entre 450 y 495 nm dentro de la cual

están las canforoquinonas cuyo pico de activación se logra hacia los 468 nm. Este grupo de unidades ha evolucionado en características como la intensidad, inclusión de radiómetros y estabilizadores de corriente, tiempos y programación de polimerización.<sup>23</sup>

- c. **Unidades de Laser de Argón:** La fuente emisora de luz es, como indica su nombre, un láser de argón. Trabajan en un rango de longitud de onda estrecho y a una potencia variable, según los fabricantes, entre 730-1290 mW/cm<sup>2</sup>. Tienen el inconveniente de que solamente pueden actuar sobre resinas compuestas preparadas para esas longitudes de onda. Estas unidades no polimerizarán correctamente aquellos composites que contienen fenilpropanodiona o lucerinas como foto iniciador.
- d. **Unidades de arco de plasma:** La luz se produce en tubos especiales, merced a la descarga eléctrica entre dos electrodos especiales. Su longitud de onda abarca 450-500 nm. Las potencias, entre los diferentes fabricantes oscilan entre unos 1200 mW/cm<sup>2</sup> y más de 2000 mW/cm<sup>2</sup>.

También investigaciones demuestran que en la mayoría de los casos generaron mayor contracción de polimerización y altas temperaturas.

- e. **Unidades de luz emitida por diodos (LED):** En estas unidades, la luz emitida no requiere de filtro para lograr la longitud apropiada como en las de luz halógena, pues se genera directamente en la acción de los dos semiconductores contenidos en el LED o microchip y el cual produce el color de la luz o longitudes deseadas.

En la primera generación de LED se tenía una banda estrecha de emisión de luz azul correspondiente al rango de los 460 a los 480 nm suficiente para el pico de activación de las canforoquinonas con intensidades de 400 mW/cm<sup>2</sup> y nulo o mínimo acompañamiento de calor dentro del concepto de ser de luz fría, el rápido desarrollo tecnológico de las LED permitió el incremento de intensidad hasta llegar a 2000Mw/cm<sup>2</sup>, esto como efecto colateral trajo un incremento de

temperatura en el interior del material, lo que obligo la incorporación de un sistema de ventilación.

La segunda generación de LED corrige el desarrollo de producción del rango de longitud de onda de las LED convencionales, cubriendo bandas que inician en los 380 nm y llegan hasta los 515 nm. Este logro posiciona las LED a un nivel semejante de polimerización de las unidades halógenas, al posibilitar la activación de materiales con diferentes fotoiniciadores como la canforoquinonas, lucerinas y fenilpropanodiona.<sup>22 21</sup>

#### 1.2.2.2.4.3. Aspectos fundamentales

1. **Longitud de Onda:** hace referencia a la banda del espectro electromagnético efectiva que entrega la unidad y que finalmente cumple el propósito de foto-iniciar el material, conducente al posterior endurecimiento. La longitud de onda depende del filtrado que se haga de la luz emitida o del color generado directamente por la fuente lumínica. La longitud de onda se encuentra entre 380 y 515 nm (nanómetro) para las halógenas y las LED poliwave y es una banda más limitada para las demás unidades.
2. **Intensidad de la luz:** La energía radiante final generada por la unidad de fotocurado y entregada por la punta conductora o cono de emisión. Se expresa en  $\text{mW/cm}^2$  (mili watt por centímetro cuadrado) actualmente permite clasificar las unidades de fotocurado según la intensidad en 4 categorías:
  - **Unidades de Intensidad Baja:** aquellas en las cuales la intensidad no supera los  $400 \text{ mW/cm}^2$  que son indeseables en el uso clínico.

---

<sup>22</sup>Vega del Barrio J, Hidalgo JJ, Garcia A. Instrumental en odontología. universidad complutense de Madrid; 2010. Disponible: <http://eprints.ucm.es/11826/1/INSTRUMENTACION.pdf>

- **Unidades de Intensidad media:** su intensidad se ubica entre los 400 y 700 mW/cm<sup>2</sup>
- **Unidades de Intensidad alta:** tienen un rango de irradiación que está entre los 800 y los 1200 mW/cm<sup>2</sup>
- **Unidades de Intensidad muy alta:** en esta categoría se establecen las unidades cuya intensidad está por encima de los 1200 mW/cm<sup>2</sup>. En estas unidades y las de alta intensidad, existe un mayor riesgo de que la luz aportada, esté acompañada de energía térmica, razón por la cual se debe verificar permanentemente la temperatura a través de calorímetros, para no superar el límite de seguridad pulpar que son los 42 °C.<sup>23 19</sup>

### 2.2.2.3. Propiedades de la resina compuesta

- Resistencia al desgaste:** Una de las capacidades esenciales que posee una resina compuesta dado que el roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos y palillos de dientes pueden incrementar el desgaste superficial del material. A largo plazo esto puede conllevar a la pérdida y deformidad de la misma. Leinfelder y col. explican el fenómeno de la siguiente manera: Dado que el módulo elástico de la resina es menor que el de las partículas de relleno, las partículas que conforman el relleno son más resistentes al desgaste, comprimen la matriz en los momentos de presión (como las cargas cíclicas) y esto causa el desprendimiento de partículas de relleno y del agente de conexión silano, exponiéndose la matriz, la cual es más susceptible al desgaste (llamado "plucking out").<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Calvo R. Unidades y protocolos de fotocurado. Boletín científico. Colombia; 2010. Disponible: <http://acodeb.co/wp-content/uploads/2016/09/2010.-Unidades-Protocolo-De-Fotocurado.pdf>

<sup>24</sup>Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. Fundación Acta Odontológica Venezolana; 2007.

- b. Coeficiente de expansión térmica:** Al aumentar la cantidad de matriz orgánica aumenta igualmente el coeficiente de expansión térmica, ya que el polímero tiene un coeficiente mayor que el relleno. Lo que se requiere es que el coeficiente del material restaurador sea lo más similar posible al de los tejidos dentarios. En caso de no ser así, al producirse una variación brusca de la temperatura intrabucal el material restaurador se contraerá más que el diente, generando una tensión que pueden producir una separación a nivel de interface diente-restauración, esto al repetirse en el tiempo, genera un bombeo con aspiración y expulsión de fluidos y materia orgánica al interior de la interface diente-restauración. Este fenómeno se denomina percolación y puede traer como consecuencia recidivas de caries e irritación pulpar.<sup>6</sup>
- c. Sorción acuosa y expansión higroscópica:** Se define como la cantidad de agua adsorbida por la superficie de la masa de una resina en un tiempo y la expansión relacionada a esa sorción. Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua. Esta como consecuencia conlleva a que las resinas compuestas sean más propensas a los cambios de color a causa de los pigmentos hidrosolubles que penetran en la matriz de resina.<sup>1</sup>
- d. Resistencia a la compresión y a la tracción:** Las resistencias a la compresión y a la tracción son directamente proporcionales a la cantidad de relleno inorgánico presente en la resina compuesta y al grado de polimerización de la matriz.<sup>6</sup> Es decir a mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción.
- e. Módulo de elasticidad:** El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material, esta depende directamente de la cantidad de relleno y del grado de polimerización de la fase matriz, aumentando exponencialmente con el porcentaje de la fracción volumétrica del relleno, eso significa que un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible: A

mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico.<sup>6</sup>

- f. Estabilidad de color:** 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.<sup>14</sup> Cabe resaltar que las resinas químicamente activadas tienen mejor estabilidad de color.
- g. 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, los cuales permiten interpretar con mayor facilidad a través de radiografías la presencia de caries alrededor o debajo de la restauración, por tanto aquellos composites que contienen cantidades suficientes de cristales de metales pesados si son radioopacos, y son identificados como tales por los fabricantes.<sup>6</sup>
- h. Contracción por polimerización:** Es una de las propiedades con el que mayor inconveniente se tiene. 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 4 nm. (Distancia de unión secundaria), al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 1.5 nm (distancia de unión covalente). Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros (polímeros) provoca la reducción volumétrica del material.<sup>14</sup>

## **2.2.3. RESINAS COMPUESTAS USADAS EN EL ESTUDIO**

### **2.2.3.1. FILTEK P60® resina para posteriores**

Con más de 40 años de innovación en el campo de la odontología restaurativa, 3M ESPE creó, al inicio de este nuevo siglo, una nueva categoría de materiales: las nanoresinas. Por medio de una manipulación precisa de la arquitectura del material de relleno a una nano escala, 3M ESPE ha desarrollado un material de obturación innovador y de última tecnología, el sistema restaurador universal Filtek™, que mejoró de manera significativa el desempeño clínico de las resinas universales.

El mercado actual ha comenzado a demandar materiales separados para el sector anterior y posterior. Algunos odontólogos están demandando una mejor estética en restauraciones anteriores que la que está provista actualmente por varios materiales universales. En los últimos dos años, se han introducido resinas que aclaman ayudar al odontólogo con algunos de los problemas asociados con la colocación de resinas posteriores, formación de contactos interproximales y facilidad de colocación. De aquí que, siguiera el desarrollo y la introducción del Restaurador 3M™ Filtek™ P60.

#### **2.2.3.1.1. Descripción del producto**

Filtek P60 restaurador posterior es una resina estética fotopolimerizable, radiopaca, diseñada específicamente para utilizarse en restauraciones posteriores directa o indirectas. La adhesión a la estructura dental se logra al utilizar un sistema adhesivo dental.

Se encuentra empacado en jeringas a granel (multi-dosis). El restaurador Filtek P60 se encuentra disponible en tres de los tonos solicitados con mayor frecuencia para uso posterior que corresponden al sistema de tonos más comúnmente utilizado: A3, B2, C2. El material se coloca en incrementos y se polimeriza en la cavidad.

El incremento de grosor máximo es de 2.5mm. Cada capa deberá ser polimerizada por 20 segundos.

### **2.2.3.1.2. Composición**

La matriz del restaurador Filtek P60 está formada por Bis-GMA, UDMA y resinas Bis-EMA. El material de relleno consiste en zirconio/sílice. La cantidad de relleno inorgánico es del 61% del volumen total. El tamaño de partícula oscila entre 0.01 y 3.5 micrones, siendo el promedio de 0.6 micrones. La adhesión de este material restaurador a la estructura dentaria se logra por medio del uso del adhesivo dental Adper™ Single Bond 2 o mediante los sistemas adhesivos 3M Adper™ Scotchbond Multipropósito.

### **2.2.3.1.3. Indicaciones de uso**

- Restauraciones posteriores directas
- Técnica de sándwich en combinación con material de ionómero de vidrio modificado con resina
- Reconstrucción de cúspides
- Reconstrucción de muñones
- Ferulización
- Restauraciones indirectas posteriores incluyendo inlays y onlays.

### **2.2.3.1.4. Ventajas**

- Capacidad de condensación superior
- Tiempo de polimerización corto - solo 20 segundos para polimerizar una capa de 2,5mm-
- Baja contracción de polimerización.
- Disponible en tres tonos
- Resistencia al desgaste
- Excelente resistencia mecánica.<sup>25</sup>

### **2.2.3.1.5. Precauciones**

El restaurador posterior Filtek P60 contiene metacrilatos. Un porcentaje pequeño de la población es sabido que poseen una respuesta alérgica a las resinas acrílicas. Para reducir el riesgo de una respuesta alérgica, minimice la

---

<sup>25</sup> 3M ESPE Perfil técnico del producto. Filtek™ P60 Restaurador Posterior.

exposición a estos materiales. En particular, se debe evitar la exposición a la resina sin polimerizar. Se recomienda el uso de guantes de protección y una técnica de no tocar. Si el material restaurativo hace contacto con la piel, lave inmediatamente con agua y jabón. Los acrilatos pueden penetrar los guantes de uso común. Si el restaurador hace contacto con el guante, remueva y deseche el guante, lave las manos inmediatamente con agua y jabón y entonces vuelva a colocarse los guantes. Si existiera contacto accidental con los ojos o un contacto prolongado con los tejidos orales blandos, lave inmediatamente con agua en abundancia.

#### **2.2.3.1.6. Instrucciones de uso**

##### **I. Preliminar**

- A. **Profilaxis:** Los dientes deberán ser limpiados con pómez y agua para remover las manchas de la superficie.
- B. **Selección del Tono:** Antes de aislar el diente, seleccione el tono(s) apropiado del material restaurador.
- C. **Aislamiento:** El dique de hule es el método de aislamiento preferido. También se recomienda el uso de rollos de algodón y un eyector salival.

##### **II. Restauraciones Posteriores**

- A. **Preparación de la Cavidad:** Prepare la cavidad. Los ángulos punta y línea deberán ser redondeados. No se deberá dejar residuos de amalgama o de otro material base en la parte interna de la preparación que pudiera interferir con la transmisión de la luz y por consiguiente, el endurecimiento del material restaurativo.
- B. **Protección Pulpar:** Si ocurriera una exposición pulpar y si la situación garantiza un procedimiento de recubrimiento pulpar, coloque una cantidad mínima de hidróxido de calcio sobre la exposición seguido de la aplicación de 3M™ Vitrebond™ Ionómero de Vidrio Fotopolimerizable Liner/Base. Vitrebond 36 liner/base también puede ser utilizado como base en áreas de excavación profunda. Vea las instrucciones de Vitrebond liner/base para mayores detalles.

- C. Colocación de una Matriz:** Coloque delgada y suave de metal, una matriz de metal precontorneada e inserte las cuñas con firmeza. Bruña la banda matriz para establecer el contorno proximal y el área de contacto. Adapte la banda para sellar el área gingival para evitar proyecciones.
- D. Sistema Adhesivo:** Siga las instrucciones del fabricante con respecto a grabado, primer, aplicación del adhesivo y polimerización.
- E. Dispensación de la Resina:** Dispense la cantidad necesaria de material restaurativo de la jeringa sobre una loseta de mezcla al girar el émbolo suavemente en sentido de las manecillas del reloj. Para prevenir escurrir el restaurador cuando se ha completado la dispensación, gire el émbolo en sentido contrario a las manecillas del reloj media vuelta para evitar que la pasta fluya. Inmediatamente coloque la tapa de la jeringa. Si no se utiliza el material inmediatamente, éste deberá ser protegido de la luz.
- F. Colocación:**
1. Utilizando un instrumento de colocación no metálico, coloque el restaurador dentro de la cavidad en incrementos no más gruesos de 2.5mm.

**Consejos para la colocación:**

- a. Para facilitar la adaptación, la primera capa de 1mm puede ser colocada y adaptada en la caja proximal.
  - b. Evite luz intensa en campo de trabajo.
  - c. Un instrumento de condensación (o un dispositivo similar) puede ser utilizado para adaptar el material a todos los aspectos internos de la cavidad.
2. Foto polimerice cada incremento 20 segundos al exponer la totalidad de la de éste a una fuente de luz visible de alta intensidad, como una lámpara de polimerización 3M. Mantenga la punta de la guía de luz lo más cerca posible del restaurador durante la exposición.

3. Ligeramente sobre obture la cavidad para permitir la extensión de la resina más allá de los márgenes cavitarios. Contornee y de forma con instrumentos apropiados para resinas.

**G. Terminado:** Contornee las superficies de la restauración con diamantes finos de terminado, fresas o piedras. Contornee las superficies proximales con las tiras de terminado y pulido de 3M.

**H. Ajuste la Oclusión:** Verifique la oclusión con un papel de articular delgado. Se deberán examinar los contactos en las excursiones laterales y céntricas. Ajuste la oclusión con cuidado removiendo el material con un diamante fino de pulido o con una piedra.

**I. Pulido:** Pula con los discos Sof-Lex y con las tiras.

### **2.2.3.2. Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores**

El campo de la ciencia de materiales ha logrado avances destacados con relación a los materiales de relleno que se utilizan en los procedimientos directos, lo que brinda soluciones a la mayoría de las dificultades que los dentistas enfrentan todos los días. Es bien sabido, dentro de la comunidad científica y odontológica, que realizar una restauración en bloque aumenta el estrés en el diente y puede disminuir la fuerza de adhesión.

Sin embargo, gracias a las capacidades de los materiales con los que cuentan los fabricantes en la actualidad, es posible crear materiales y productos que ofrezcan un menor estrés de contracción de polimerización en comparación con las resinas colocadas con la técnica incremental.

#### **2.2.3.2.1. Descripción del producto**

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.

Presentación en jeringas de 4.0 gramos. Las jeringas son color esmeralda, con etiquetas blancas y designaciones de tonos.

Restauraciones Clases II, profundidad de fotocurado de 5 mm para todos los tonos.

#### **2.2.3.2.2. 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 trifloruro 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.

#### **2.2.3.2.3. 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.

#### 2.2.3.2.4. Polimerización

El producto está diseñado para polimerizarse con la exposición a una luz halógena o diodo emisor de luz (LED) con una intensidad mínima de 550 mW/cm<sup>2</sup> en el rango de 400-500nm. Polimerice cada incremento exponiendo toda su superficie a una fuente de luz visible de alta intensidad, como una lámpara de foto polimerizado de 3M ESPE.<sup>26</sup>

CLASIFICACION DE CARIES	Profundidad de incremento	Todas las luces alógenas (550-1000mW/cm <sup>2</sup> )	Luces LED 3MESPE (1000-2000 mW/cm <sup>2</sup> )
CLASE I,III,IV y V	4mm	40 seg	20 seg
CLASE II	5mm	20seg oclusal	10seg oclusal
		20seg bucal	10seg bucal
		20seg lingual	10seg lingual

#### 2.2.3.2.5. Ventajas y beneficios

- Colocación en un paso, sin recubrimiento adicional.
- Proceso de colocación rápido y fácil
- Excelente adaptación a la cavidad
- Alivio del estrés para mayor profundidad del curado
- Mejor resistencia al desgaste que los materiales de relleno en bloque líderes del mercado.
- Manipulación y modelaje excelentes.
- Tecnología de nano-restauración real y dos innovadores monómeros de metacrilato; reducen el estrés de polimerización sin afectar a la resistencia al desgaste.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> 3M ESPE Perfil técnico del producto. Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores, revista de literatura; 2014.

<sup>27</sup> Página oficial 3M Salud. Disponible: <http://www.3msalud.cl/odontologia/>

### 2.3. Definición de términos básicos

- **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.<sup>28</sup>
- **Resina compuesta:** Material con una gran densidad de entrecruzamientos poliméricos, reforzados por una dispersión de sílice amorfa, vidrio, partículas de relleno cristalinas u orgánicas y pequeñas fibras que se unen a la matriz gracias a un agente de conexión.<sup>21</sup>
- **Resinas compuestas híbridas:** Resina compuesta por una mezcla de partículas de rellenos de sílices pequeñas y coloidales que obtienen el balance óptimo entre las propiedades de resistencia, contracción de polimerización, resistencia al desgaste y pulido.<sup>21</sup>
- **Resinas nanohíbridas:** Son resinas con nanopartículas o nanómetros que presentan una dimensión de aproximadamente 25 a 75nm y la segunda los "nanoclusters" de aproximadamente 0,4 a 1,4 um, estos nanoclusters son una suerte de racimos de uvas compuestos de las mismas nanopartículas aglomeradas o nanoagregadas, caracterizado por incluir una combinación de partículas de zirconio, sílice silanizada y partículas aglomeradas de zirconio.<sup>29</sup>
- **Mega pascal:** Para fines del estudio la resistencia compresiva se cuantificará en Mega Pascal, la cual equivale a 10 Kilogramos fuerza/cm<sup>2</sup>; 1 MPa = 10Kgf/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>28</sup> Real Academia Española, resina, derechos reservados. Madrid 2017.

<sup>29</sup>Resinas compuestas y Nanotecnología. 3M ESPE. Disponible. [http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1247595454000&locale=es\\_CL&assetType=MMM\\_Image&assetId=1180615427648&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1247595454000&locale=es_CL&assetType=MMM_Image&assetId=1180615427648&blobAttribute=ImageFile).

- **Resina <sup>TM</sup> filtek<sup>TM</sup> P60® restaurador posterior:** El material Restaurador 3M Filtek P60 es una resina restaurativa activada por luz visible y radiopaca. Se encuentra diseñada para utilizarse en restauraciones posteriores. El material de relleno en el restaurador Filtek P60 es zirconia/sílica. La carga de relleno inorgánico es de 61% por volumen (sin tratamiento con silano) con un rango de tamaño de partícula de 0.01 a 3.5 micrones. El restaurador Filtek P60 contiene BIS-GMA, UDMA y resinas BIS-EMA. Se utiliza un adhesivo dental 3M para la adhesión permanente de la restauración a la estructura dental. El restaurador se encuentra disponible en una variedad de tonos. Se encuentra envasado en jeringas tradicionales.<sup>17</sup>
- **Resina filtek<sup>TM</sup> bulk fill® resina para posteriores:** El restaurador Filtek® Bulk Fill permite restaurar dientes posteriores mediante colocación en un solo bloque (incremento). Este material de relleno foto-activado y optimizado en bloque proporciona una fácil y rápida colocación, junto a un elevado estándar de Resistencia, Manipulación y Brillo. Todo esto es posible debido a su innovadora composición química y su verdadera nano-tecnología.<sup>17</sup>
- **Resistencia:** Fuerza que se oponga a la acción de otra fuerza. La tensión que es capaz de soportar un material.<sup>30</sup>
- **Fuerza de compresión:** Cuando la situación es de dos fuerzas de igual dirección (actuando sobre una misma recta) y en sentido contrario la tendencia es a disminuir la longitud del cuerpo (aplastarlo, comprimirlo), se inducen dentro de él tensiones que se denominan compresivas. Simultáneamente se produce una deformación en compresión y, si se estudia la tensión máxima que se puede llegar a inducir, se hablara de resistencia compresiva o a la compresión.<sup>31</sup> Si se sitúa un cuerpo bajo

---

<sup>30</sup> Real Academia Española, resistencia, derechos reservados. Madrid; 2017.

<sup>31</sup> Diccionario internacional. Resistencia a la compresión, derechos reservados; 2017.

una carga que tiende a comprimirlo o acortarlo, la resistencia interna a dicha carga denomina *fuerza de compresión*. La fuerza de compresión se asocia con la deformación por compresión. Para calcular tanto la fuerza de tensión como la de compresión, se divide la fuerza aplicada por el área transversal perpendicular a la dirección de la fuerza.<sup>32</sup>

- **In vitro:** De origen latín que significa “dentro del vidrio”. En consideración de lo anterior, *in vitro* es la técnica que se realiza fuera del organismo, dentro de un tubo de ensayo, en un medio de cultivo, o en cualquier otro ambiente artificial.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Phillip. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice. 11va Ed.

<sup>33</sup> Real Academia Española, *in vitro*, derechos reservados. Madrid; 2017.

## **CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Formulación de la hipótesis principal y derivada**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

**H1:** Existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017.

**H0:** No existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017.

### **3.2. Variables; definición conceptual y operacional**

#### **3.2.1. Identificación de las variables**

**Variables:**

**Variable Independiente:**

**X<sub>1</sub>:** FILTEK P60 XT ®

**X<sub>2</sub>:** FILTEK™ BULK FILL®

**Variable dependiente:**

**Y:** Resistencia compresiva

### 3.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**TITULO:** ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS FILTEK P60 XT® Y FILTEK™ BULK FILL® PARA RESTAURACION DE PIEZAS POSTERIORES, 2017.

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	VALOR FINAL	ESCALA	TECNICA	INSTRUMENTO
Resina compuesta	Resistencia compresiva <b>FILTEK P60 XT®</b>	Si No	Nominal	Mediciones biológicas	Máquina digital de ensayos universales CMT-5L Vernier digital de 200 mm. Marca Mitutoyo
	Resistencia compresiva <b>FILTEK™ BULK FILL®</b>				
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	VALOR FINAL	ESCALA	TECNICA	INSTRUMENTO
<b>Resistencia compresiva</b>	Una carga constituida por 2 fuerzas de igual dirección, pero en sentido contrario, tendiendo a disminuir la longitud del cuerpo.	MPa	Razón	Mediciones biológicas	Máquina digital de ensayos universales CMT-5L Vernier digital de 200 mm Marca Mitutoyo Condiciones ambientales: Temperatura=22,8 °C Humedad relativa=61,0%

## 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 continuación<sup>34</sup>

- **Según la manipulación de la variable**

*Experimental:* Existe la intervención del investigador ya que se aplicó fuerza compresiva a las resinas compuestas FILTEK P60 XT ® y FILTEK™ BULK FILL®.

- **Según la fuente de toma de datos**

*Prospectivo:* La medición se realizó directamente en los cilindros elaborados.

- **Según el número de mediciones**

*Transversal:* La medición se realizó solo en una ocasión.

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

*Analítica:* La investigación planteó el análisis de más de una variable de estudio.

#### 4.1.2. Nivel de investigación:

**Explicativo:** Con el objetivo estadístico comparar.

#### 4.1.3. Diseño de investigación

Corresponde al grupo de diseños cuasi experimentales por cuanto no se consideró un grupo control. El diagrama que corresponde a este diseño es el siguiente:<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Argimon- Pallás J, Jimenez -Villa J. Bases metodológicas de la investigación clínica y epidemiológica. Elsevier. España; 2005. 4ta Ed. 30 p

<sup>35</sup> Sanchez-Carrlessi H, Reyes-Meza C. Metodología y diseños en la investigación científica. Editorial Mantaro. 2da Ed. 101-102 p

Porque se seleccionaron las muestras y se someterán a un test de resistencia compresiva, para después sucesivamente comparar el comportamiento de la resina compuesta filtek P60 y filtek BULK FILL sin una relación causal.

<b>GE<sub>1</sub></b>	A	X	O <sub>1</sub>
<b>GE<sub>2</sub></b>	A	X	O <sub>2</sub>

**GE<sub>1</sub>**= Grupo experimental (FILTEK P60 XT®)

**GE<sub>2</sub>**= Grupo experimental (FILTEK™ BULK FILL®)

**A** = Aleatorización de los bloques de resina compuesta

**X** = Manipulación de la variable en los grupos experimentales con la aplicación de la fuerza estática transversal)

**O<sub>1</sub>**= Medición resistencia compresiva en el grupo 1

**O<sub>2</sub>** = Medición resistencia compresiva en el grupo 2

## 4.2. Diseño muestral

### 4.2.1. Población universo

Estuvo constituido por dos tipos de resinas: FILTEK P60 XT® Y FILTEK™ BULK FILL®.

#### 4.2.1.1. Criterios de inclusión

- Bloques que cumplen con las medidas establecidas, totalmente lisos y planos en su superficie de 4mm de diámetro y 8mm de altura.
- Sin defectos estructurales como burbujas y fracturas.

#### 4.2.1.2. Criterios de exclusión

- Bloques que tuvieron medidas inadecuadas, con superficies ásperas y que presenten defectos estructurales como burbujas y fracturas.

#### 4.2.2. Determinación del tamaño muestral

Para el muestro se tomó en cuenta referencias antiguas y/o antecedentes para la determinación del tamaño muestra, después se eligió el algoritmo matemático para la comparación de dos grupos basados en la desviación estándar: grupo 1: DE 30,4 = varianza (924,16), grupo dos: de 22,4=varianza 601,76 y con una diferencia de medias de 35,5 (139 – 103,5). Reemplazando se obtuvo lo que a continuación se detalla:

#### Comparación de dos grupos basados en una variable numérica

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

$\alpha$ = Error tipo I	$\alpha$ =	0,05
1- $\alpha/2$ = Nivel de Confianza a dos colas	1- $\alpha/2$ =	0,975
$Z_{1-\alpha/2}$ = Valor tipificado	$Z_{1-\alpha/2}$ =	<b>1,96</b>
$\beta$ = Error tipo II	$\beta$ =	0,20
1- $\beta$ = Poder estadístico	1- $\beta$ =	0,80
$Z_{1-\beta}$ = Valor tipificado	$Z_{1-\beta}$ =	<b>0,84</b>
Varianza del grupo 1	$S_1^2$	<b>924,16</b>
Varianza del grupo 2	$S_2^2$	<b>501,76</b>
Diferencia propuesta	d =	<b>35,50</b>
Tamaño de cada grupo	n =	<b>8,88</b>

### Ajuste muestreo:

Reemplazando en la fórmula obtenemos

Tamaño de cada grupo  $n = 8,8 = 9$

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

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

$$\text{Muestra ajustada a las perdidas} = \frac{9 ( 1 )}{1 - 0,01}$$

$$\text{Muestra ajustada a las perdidas} = \frac{9 ( 1 )}{1 - 0,01}$$

$$\text{Muestra ajustada a las perdidas} = \frac{9 ( 1 )}{0,99}$$

Muestra ajustada a las perdidas =  $9.0909 = 10$  bloques/grupo

Es decir:

La muestra estuvo conformada por 10 bloques para cada grupo: 10 para resina FILTEK P60 XT® y 10 bloque para la resina FILTEK™ BULK FILL®.

#### 4.2.3. Selección de los miembros de la muestra

Se realizó un muestreo probabilístico por azar simple. La muestra de la investigación estuvo conformando por cilindros de resinas de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura, estos fueron distribuidos en dos grupos con 10 muestras de cada uno:

**Grupo 1** (n= 10): Fue conformado por la resina compuesta nanorelleno FILTEK P60 XT®.

**Grupo 2** (n= 10): Fue conformado por la resina compuesta nanorelleno FILTEK™ BULK FILL®.

Con un total de 20 muestras de resinas compuestas.

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

#### **4.3.1. Técnicas**

La elaboración de la muestra se elaboró en un medio adecuado, un ambiente cerrado con buena entrada de luz natural por sus amplias ventanas sin paso de residuos externos.

Para la elaboración de las muestras se utilizó un molde metálico con una medida de 4mm de diámetro y 8 mm de altura, la cual estaba partido del medio siendo el diámetro y la altura medido por un calibrador digital marca ORIGIN.

Las resinas fueron insertadas en el molde, en incrementos, utilizando una espátula para la resina compuesta Filtek P60 XT®, siendo atacadas por esta cada 2mm y la resina compuesta Filtek BULK FILL® fue atacadas cada 4mm, para evitar burbujas después de cada incremento, para luego polimerizarla con el aparato lámpara luz LED c de marca woodpecker de intensidad de luz 1000Mw/cm<sup>2</sup>, por el tiempo recomendado por el fabricante de 20 segundos, así pasar al segundo y/o tercer incremento sucesivamente con sus respectivo fotocurado, cuando se llega a la última capa, para dejar plano y uniforme la superficie se colocó una tira de cinta de celuloide y se procede con la última polimerización.

Luego se pasa a retirar la muestra del molde, así obteniendo una muestra cilíndrica de 4mm de diámetro y 8mm de altura. Se repite el mismo procedimiento hasta obtener las 20 muestras. Una vez obtenida las muestras

se almacenaron a un embace estéril a una temperatura ambiental durante 24 horas, luego se colocaron sus códigos respectivamente.

En el laboratorio indicado se hizo la prueba de la resistencia compresiva a cargo de un especialista ingeniero Robert Nick Eusebio Teheran, utilizando la Máquina digital de ensayos universales CMT- 5L marca MITUTOYO, se aplicó la fuerza correspondiente justo hasta el punto de fractura con una velocidad de ensayo 1 mm/min, los resultados fueron registrados automáticamente en una computadora.

#### **4.3.2. Instrumento:**

Instrumento mecánico para la prueba de laboratorio de la investigación de utilizo una máquina digital de ensayos universales CMT- 5L, marca LG, aproximación 0,002N, instrumento Vernier digital de 200mm, marca Mitituyo, aproximación 0,01mm.

##### **4.3.2.1. Máquina de ensayos universales computarizada**

Máquina de una columna con fuerza máxima de prueba de 5kN.

Esta máquina es usada en la investigación y análisis de las propiedades estáticas de la prueba de tensión, compresión, flexión, corte, desgarre, carga, relajación y reciprocidad entre otros artículos de material metálico y no metálico (incluyendo material compuesto).

- **Aplicación del equipo**

Esta máquina es usada en la investigación y análisis de las propiedades estáticas de la prueba de:

- Tensión
- Compresión
- Flexión
- Corte
- Desgarre
- Carga
- Relajación y reciprocidad

Automáticamente puede hacer la prueba y proporcionar datos de acuerdo con GB, ISO DIN ASTM, JIS nacionales y otras normas internacionales.

- **Características y funcionamiento**

- **Estructura técnica del mecanismo**

El marco está hecho principalmente de un cimiento de tres columnas y un tornillo constituye la estructura en un solo brazo. El sistema de carga de la transmisión adopta un motor servo AC y el reductor de velocidad de correa datada sincrónica accionan el tornillo de bola de alta precisión y la impulsión de la viga móvil para realizar la carga. Con las características de bella apariencia, buena estabilidad, alta rigidez, alta exactitud del control, eficacia alta, ruido bajo y ahorro de energía y protección del medio ambiente.

- **Sistema de control y medición**

Esta máquina adopta el avanzado DSC-10, sistema de control cerrado digital completa para controlar, medir y adopta la computadora para procesar la prueba, la visualización dinámica de la curva de prueba y el proceso de datos. Después de las pruebas, puede ampliar la curva para procesar el re-análisis y la edición de datos a través del módulo de procesamiento de figuras. El rendimiento del producto llega al nivel avanzado internacional.

1. Realiza el desplazamiento especial, la deformación y el control de la velocidad del sistema de circuito cerrado: Durante el proceso de prueba, puedes cambiar la velocidad de prueba y la flexibilidad del método de la misma para que el proyecto de prueba sea más flexible y más rico.

2. Protección multi-capas: Incluye la protección de software y hardware y la realización de sobrecarga, sobre intensidad, sobre presión, bajo voltaje, sobre velocidad, limitación y otras formas de protección de seguridad para la máquina de ensayos.

3. Tres canales de conmutación A/D de alta velocidad de 24 bits, la resolución del valor de código efectivo puede llegar hasta más o menos 1/300000 y realizar dentro o fuera grado invariable y resolución invariable en todo el curso.

4. Adoptando el USB o la comunicación en serie, la transmisión de datos es constante y confiable y la capacidad anti-interferencia es fuerte.
5. Incluye tres canales de señal de pulso (tres señales de pulso que son respectivamente un desplazamiento y dos señales de gran deformación) y la tecnología de frecuencia cuádruple más avanzada en la actualidad para aumentar cuatro veces la cantidad efectiva de impulsos mejorando la resolución de señal. La frecuencia máxima de captura es 50MHz.
6. Una señal digital impulsada por el servo motor con una frecuencia máxima de la salida PWM de 50MHz y la mínima de 0.01MHz.<sup>36</sup>

#### 4.3.2.1. Medida de la resistencia compresiva:

Este test de resistencia a la compresión se realizó en base a las literaturas disponibles, la cual nos indica que para medir la resistencia compresiva de un cuerpo se debe elaborar muestras cilíndricas, con un diámetro que es la mitad de la altura del mismo. La resistencia compresiva se obtuvo dividiendo la fuerza que se requirió para fracturar el material entre por el área transversal del cuerpo de prueba.<sup>6</sup> Esta se realizó mediante la siguiente expresión:

$$R = P/A$$

**Formula:**

$$A = \pi r^2 = 3.1416 r^2$$

Dónde:

$$R = P/A$$

R= Resistencia compresiva MPa

Cabe resaltar que ya no se utilizó el instrumento (ficha de recolección de datos) que se mencionó en el proyecto de investigación, ya que los resultados fueron registrados automáticamente a un monitor, estas al final fueron impresas y adjuntadas en el anexo de la presente tesis.

<sup>36</sup> Máquina de ensayos universal computarizada CMSUTM-5L. METROLOGY CONTROL MEASUREMENT SYSTEMS. Disponible: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/M%C3%A1quina%20Universal%20de%20ensayos%20computarizada%20CMSUT-5L%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/M%C3%A1quina%20Universal%20de%20ensayos%20computarizada%20CMSUT-5L%20(1).pdf)

#### 4.4. Técnicas de procesamiento de la información:

Las mediciones en Mpa (Máquina digital de ensayos universales CMT-5L-Vernier digital de 200 mm. Marca Mitutoyo) de los 20 bloques cilíndricos de resina compuesta se sometieron a los requerimientos de ordenar los datos, clasificarlos, codificarlos y finalmente tabularlos en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 22, en donde las variables se consignaron en columnas y los eventos en filas.

#### 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 comprensiva de las muestras cilíndricas de resinas compuestas en MPa de todas las mediciones y dividiendo por el número de observaciones; 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 la resistencia comprensiva que divide al conjunto de datos obtenidos en dos partes iguales, es decir el 50,0% de los datos será menor que ella y el 50% de los datos mayor y que para fines del análisis se utilizará el siguiente algoritmo matemático:

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

**Moda:** Se procedió hallar la resistencia comprensiva que se presenta con mayor frecuencia.

### **Medidas de dispersión o variabilidad**

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

Desviación típica o estándar: Para conocer cómo 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**

#### **Validación de Hipótesis:**

Se procedió a realizar el análisis inferencial para determinar la diferencia en la resistencia compresiva de dos muestras cilíndricas de resinas compuestas. El sistema de hipótesis se trabajó bajo el procedimiento del ritual de significancia estadística planteado por Ronald Fisher.

Para conocer las diferencias de dos grupos se recurrió a la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes dado que; a la aplicación de la prueba Shapiro-Wilks, Anderson Darling se encontró que los datos presentaron distribución normal. El nivel de significancia fue 1,0% (0,01) con un intervalo de confianza del 99,0% la misma que se complementó con el coeficiente de variación (homogeneidad o heterogeneidad de los datos).

### **4.5.3. Estadística probabilística**

Se trabajó el intervalo de confianza al 95,0% (IC<sub>95%</sub>) de la media para conocer las probabilidades de encontrar los mismos resultados en otro tiempo y espacio.

## CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Trabajo de campo y estadística descriptiva

Los datos se presentan en las siguientes tablas y gráficos:

#### Grupo I: RESINAS COMPUESTAS FILTEK P60®

**Tabla Nª 1:** Distribución de la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017

Muestra cilíndricas de resina Grupo I: FILTEK P60®	Resistencia compresiva MPa
1	328.36
2	285.11
3	233.85
4	229.21
5	243.70
6	327.76
7	335.57
8	327.76
9	351.17
10	273.14

**Fuente:** Máquina digital de ensayos universales CMT-5I

Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión				Medidas de posición		
Media	Mediana	Moda	DE*	Mínimo	Máximo	CV**	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
293,56	306,43	327,76	46,3	229,21	351,17	0,16	241,23	306,43	330,16

Shapiro-Wilk=0,875    p=0,114

**DE=** Desviación estándar

**CV=** Coeficiente de variación

**Q1=** Cuartil 25,0%

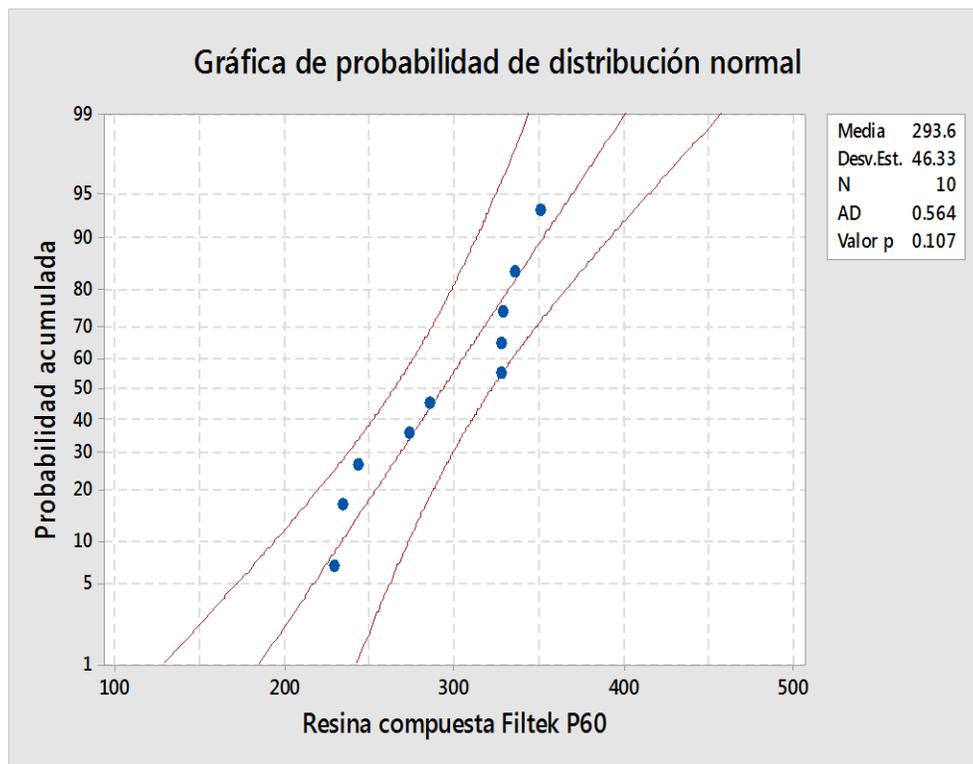
**Q2=** Cuartil 50,0%

**Q3=** Cuartil 75,0%

Con un  $p=0,114 >$  que el nivel de significancia del 5%, podemos concluir que hay distribución normal de los datos de los grupos en estudio. Cabe resaltar que uno de los requisitos para poder elegir la prueba estadística en este caso el test del T de Student es hallar la distribución normal de los datos. Es por eso que el primer paso fue la realización de la prueba de normalidad, para esto se utilizó el test de

Shapiro-Wilk, (ya que esta prueba está indicada cuando se tiene muestras menores de 30) **Tabla N° 1**.

Los datos obtenidos de la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, estuvo comprendido entre 229,51 MPa a 351,17 MPa con un promedio de  $293,5 \pm 46,3$ ; con un IC95% para la media= [264,85 – 322,17]. Shapiro-Wilk=0,875.



Anderson-Darling= 0,564     $p=0,107$

**AD=** Anderson Darling  
**N=**Muestra

**Gráfico N° 1:** Distribución de los datos en el grupo resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.

Con un  $p$ -valor=0,107 > que el nivel de significancia podemos volver a afirmar que hay distribución normal de los datos. El test de Anderson-Darling (**gráfico N° 1**), se hizo con fines demostrativos la que también nos demuestra y garantiza que los datos que se obtuvo son homogéneos. Los puntos son los datos obtenidos, estos

fueron distribuido en el gráfico y se ve que ninguno de ellos pasa las líneas externas (limite), se vuelve a reiterar que hay distribución normal de los datos.

### Grupo 2: RESINAS COMPUESTAS FILTEK™ BULK FILL®

**Tabla N° 2:** Distribución de la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017

Muestra cilíndricas de resina Grupo 2: FILTEK™ BULK FILL®	Resistencia compresiva MPa
1	228.31
2	237.22
3	218.51
4	226.31
5	249.72
6	210.70
7	218.51
8	195.10
9	249.72
10	273.14

**Fuente:** Máquina digital de ensayos universales CMT-5I

Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión			Medidas de posición			
Media	Mediana	Moda	DE*	Mínimo	Máximo	CV**	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
230,72	227,31	218,51	22,5	195,10	273,14	0,09	216,5	227,3	249,7

Shapiro-Wilk=0,976    p=0,938

**DE=** Desviación estándar

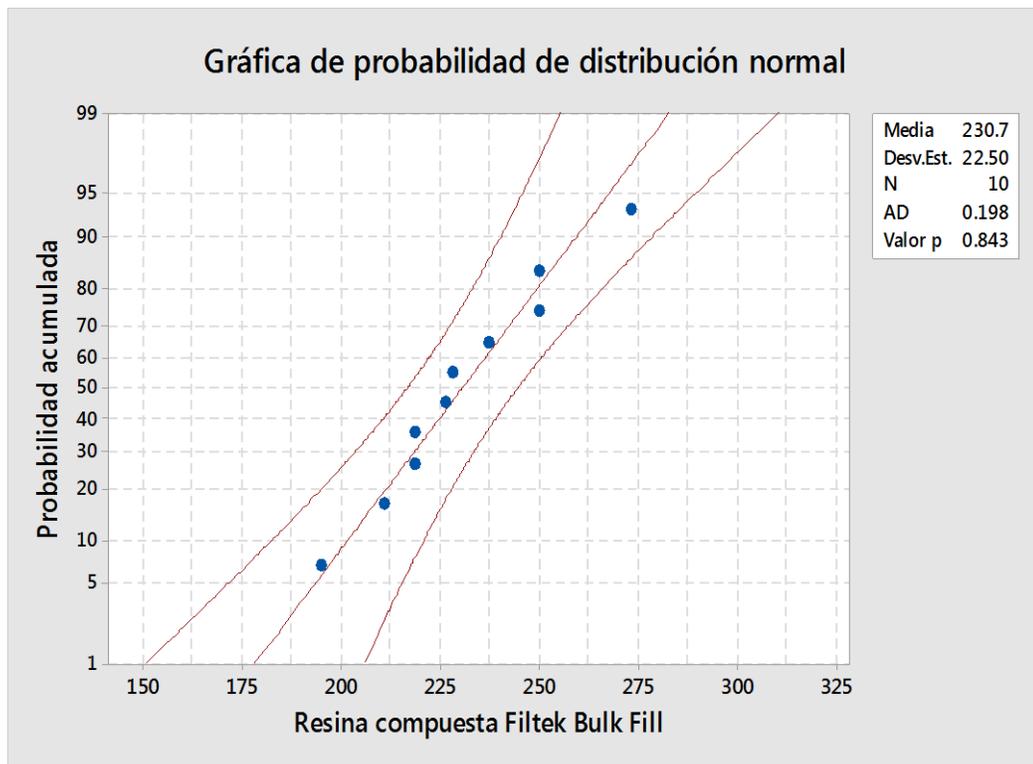
**CV=** Coeficiente de variación

**Q1=** Cuartil 25,0%

**Q2=** Cuartili 50,0%

**Q3=** Cuartil 75,0%

Con un p-valor=0,938 podemos afirmar que hay distribución normal de los datos obtenidos, ya que la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores estuvo comprendido entre 195,10 MPa a 273,14 MPa con un promedio de 230,72 ± 22,5; con un IC95% para la media= [216,77 – 244,67].



**Fuente:** Visor de resultados programa estadístico Minitab versión 18

**AD=** Anderson Darling

**N=**Muestra

**Gráfico Nº 2:** Distribución de los datos en el grupo resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017.

Con un  $p$ -valor=0,843 concluimos que hay distribución normal de los datos obtenidos, también con un coeficiente de variación de 0,09 podemos afirmar que los datos obtenidos son homogéneos (ver gráfico 2) en donde la prueba Anderson Darling= 0,198 > el nivel de significancia del 5%.

## 5.2. Comprobación de hipótesis, técnicas estadísticas empleadas

### HIPOTESIS GENERAL

Existen diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017.

#### a. Hipótesis estadística:

**H<sub>0</sub>: A= B** La resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores son iguales en el año 2017

**H<sub>1</sub>: A≠ B** Existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017

#### b. Nivel

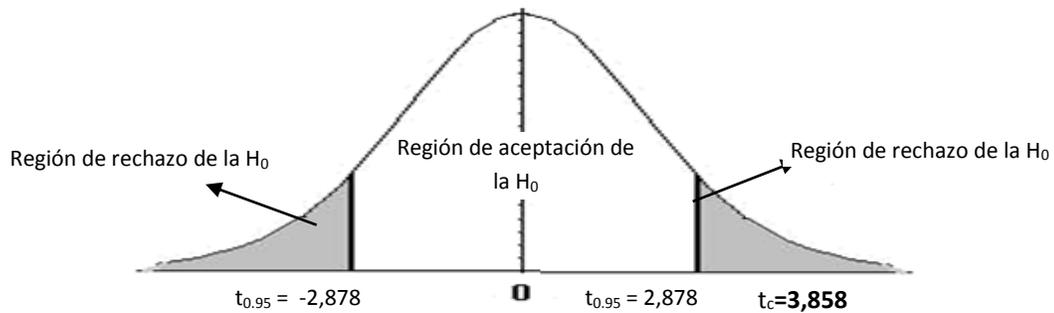
**c. de significación:**  $\alpha = 0.01$

**d. Estadística de prueba:** Se procedió hallar la diferencia entre la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® (Shapiro-Wilk=0,875 p=0,114) y FILTEK™ BULK FILL® (Shapiro-Wilk=0,976 p=0,938); por lo que se eligió para la contrastación empírica de la hipótesis la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes cuyos resultados se adjuntan a continuación:

**Tabla Nª 3:** Resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores

Grupos de estudio	Estadística descriptiva		Diferencia de las medias		
	Media	DE	Diferencia	IC 95,0%	
				Mínimo	Máximo
FILTEK P60 XT®	293,56	46,3	62,84	27,66120	98,01680
FILTEK™ BULK FILL®	230,72	22,5			
	T Student=3,858 gl=18		p=0,002		

**e. Regla de decisión:** El valor T de Student de la tabla, con grado de libertad 18 y con un nivel de significancia de 0.01 es  $\pm 2,878$  ( $T_{\text{tabla}} = T(1-\alpha/2; n+m-2) = T(0.99; 18) = \pm 2,878$ )



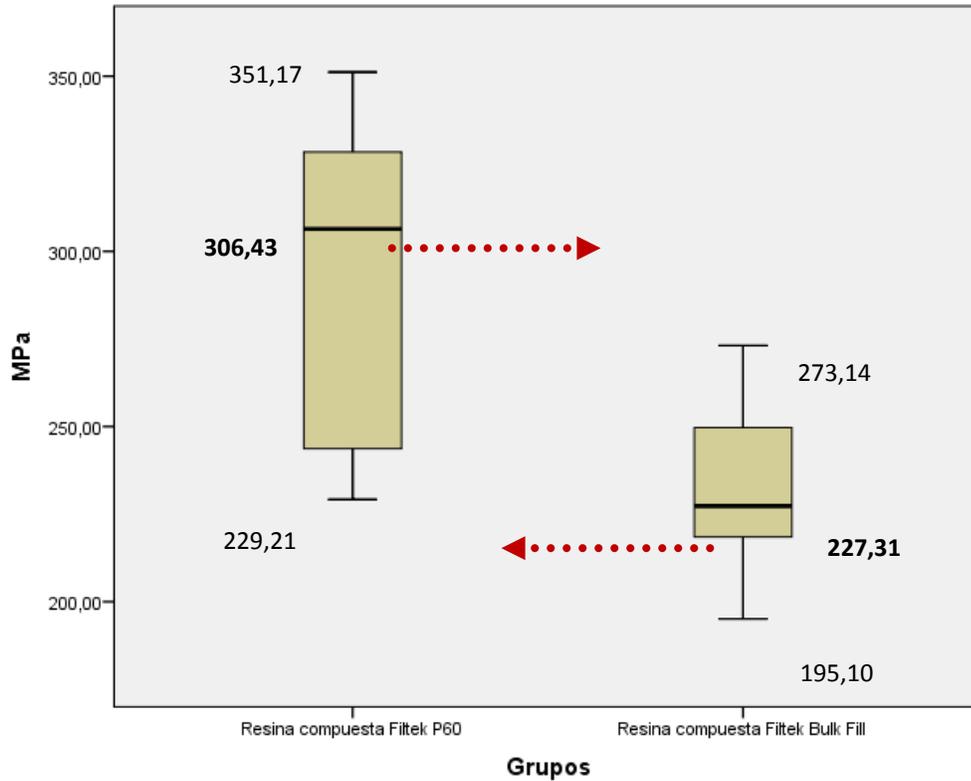
Como el valor calculado del T de Student (3,858) es mayor que el valor crítico de la tabla ( $\pm 2,878$ ) y con un error de 0,002 ( $p\text{-valor}=0,002$ ) podemos deducir que existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017.

**f. Conclusión:**

Los resultados obtenidos de la toma de decisiones nos llevan a concluir lo siguiente:

Siendo un total de 20 muestras de resina, filtek P60® ( $n=10$ ) y filtek bulk fill ( $n=10$ ), se comparó la resistencia compresiva de estos dos grupos se utilizó la prueba estadística T de Student, con un  $p = 0,002$  podemos concluir que existe diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK P60 XT® en comparación con la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017. Con la que se hace la validez de la hipótesis alterna. Al análisis de la diferencia de las medias; el grupo de resina compuesta FILTEK P60 XT® tuvieron mayor resistencia compresiva (media=293,56)

que la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® (media=230,72); con una diferencia de medias de 62,84 IC<sub>95%</sub> [27,661 a 98,016] (ver gráfico N° 3)



**Gráfico N° 3:** Diferencias en la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores.

En el gráfico se observa que los valores de resistencia compresiva del material filtek P60® presenta mayor dispersión de los valores que el otro grupo y la mediana (306,45) es superior al otro grupo filtek bulk fill® que presenta una mediana inferior (227,31). En caso de que trazáramos una línea imaginaria en las medianas, caeríamos en la cuenta de que ninguno de ellos cae en ninguna de las cajas. Concluimos que las dos resinas compuestas son diferentes.

### 5.3. DISCUSIÓN:

El presente estudio tuvo como finalidad comparar la resistencia compresiva de dos resinas compuestas 3MESPE la Filtek P60® y la Filtek bulk fill® para restauraciones de piezas posteriores, con muestras de 4mm de diámetro y 8mm de altura.

La investigación trata solo la resistencia compresiva siendo definida como la capacidad de un material de soportar una fuerza de compresión uniaxial que trata de acortarlo o aplastado previa una fractura. La resistencia compresiva una propiedad mecánica sumamente importante, ya que que la magnitud de fuerza masticatoria durante las fases de masticación de deglución es de 40% de la máxima capacidad de apretamiento.

Las fuerzas generadas por un máximo esfuerzo en máxima intercuspidad están en un rango de 583N +- 85 en la zona de premolares y 723 N +- 138 en zonas de molares<sup>12</sup>, estas fuerzas pueden conllevar a presentar fracturas futuras como consecuencia se tendría complicaciones postoperatorias como hipersensibilidad, caries posteriores a la restauración y filtración marginal disminuyendo la longevidad del tratamiento restaurador y así como consecuencia fracaso en el tratamiento.

En el estudio se confeccionaron 20 muestras cilíndricas, porque según el investigador **Macchi** para la prueba de resistencia compresiva es recomendable para una mejor distribución de tensiones, la probeta se hace cilíndrica con longitud igual al doble del diámetro<sup>13</sup>. Para la confección de las muestras se utilizó una matriz metálica fabricada con medidas de 4 mm de diámetro y 8 mm de altura, luego estas fueron almacenadas por 24 horas en un envase estéril a temperatura ambiental. A diferencia de otros autores, la dimensión del cuerpo de prueba varía en la mayoría de los estudios:

- **Mezarina** en el 2016 utilizó muestras de 6mm de alto y 4mm de diámetro<sup>12</sup>.
- **Botto** en el 2013 recurrió a muestras de 4mm de diámetro y 5mm de alto<sup>5</sup>.

- **Montalvo** en este mismo año elaboró muestras de 4mm de diámetro por 4mm de altura.<sup>2</sup>

- **Acurio, Falcón y Casas** confeccionaron muestras de 2mm por 4mm.<sup>11</sup>

La resistencia a la compresión ha sido objetivo de muchos estudios, con la finalidad de evaluar la resistencia de los diversos materiales restauradores presentes en el mercado, la investigación planteo si existía o no diferencias en la resistencia compresiva entre la resina compuesta Filtek<sup>MT</sup> P60® y Filtek<sup>MT</sup> Bulk Fill®. Los resultados obtenidos después del análisis estadístico fueron que la resina compuesta FILTEK<sup>MT</sup> P60® estuvo comprendido entre 229,51 a 351,17 MPa con una media de  $293,5 \pm 46,3$  IC95%= [264,85 – 322,17]; con un coeficiente de variación de 0,16. Mientras que la resina compuesta FILTEK<sup>TM</sup> BULK FILL® estuvo comprendido entre 195,10 a 273,14 MPa con una media de  $230,72 \pm 22,5$  IC95%= [216,77 – 244,67]; con un coeficiente de variación de 0,09. Por lo que con un p-valor=0,002 podemos concluir que existen diferencias significativas en la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK<sup>MT</sup> P60 XT® en comparación con la resina compuesta FILTEK<sup>TM</sup> BULK FILL®. Los valores obtenidos de estas dos resinas fueron muy parecidos, sin embargo, por muy debajo de los valores dados por el fabricante, ya que por su parte la compañía 3M nos da una resistencia compresiva promedio de la resina FILTEK<sup>MT</sup> P60® es de 350-400 MPa<sup>25</sup> las muestras en las que trabajaron fueron cilíndricas y mientras que la resina compuesta FILTEK<sup>TM</sup> BULK FILL® tiene un valor de 300-350MPa<sup>26</sup>, no se encontró especificaciones con respecto a la muestra en la que se trabajó.

- **Garzón** en el 2016 en su investigación evaluó la resistencia a la compresión de la resina FILTEK P60 polimerizada con lámpara LED, encontrando que el grupo control presentaba una resistencia media de 111 MPa, pero hubo un aumento significativo de la resistencia del material cuando fue expuesto a la polimerización adicional con calor y nitrógeno 167,97 MPa<sup>7</sup>, a pesar de que la descripción del producto mencionara que la resistencia compresiva es de 350-400 MPa<sup>25</sup>.

- **Montalvo** en este año realizó una investigación con el objetivo de determinar la influencia de los tipos de polimerización ante el efecto de fuerzas compresivas sobre una resina de nano partícula, una resina bulk fill y un cerómero, encontrándose que la resistencia máxima a la compresión del cerómero Ceramage sometido a complementación por luz, calor fue de 254.08MPa, y una resistencia media de 67.6667MPa, siendo el material más resistencia del estudio, la resina de nanopartícula 3M FILTEK Z350 XT sometida a complementación de polimerización por luz y calor fue de 161.01MPa, y una resistencia media de 30.5333MPa. Así también la resina con polimerización por luz muestra una resistencia máxima de 147.07MPa y la resina 3M Filtek Bulk fill sometida a complementación de polimerización por luz y calor fue de 244.42MPa, y una resistencia media de 60.4 MPa, así como una resistencia máxima de 164.51MPa y una resistencia media de 22.2667MPa en polimerización por luz<sup>2</sup>, esto muestra que los resultados obtenidos son muy similares al presente estudio donde se obtuvo una resistencia compresiva de 195,10 a 273,14 MPa con una media de 230,72  $\pm$  22,5 con respecto a la resina FILTEK™ BULK FILL®.
- **Mezarina, F.** en el año 2016, comparó la resistencia a la compresión de las resinas compuestas TE-ECONOM PLUS®, TETRIC N-CERAM® y TETRIC N-CERAM BULK FILL®, obteniendo como resultado que la resina con mayor resistencia a la compresión fue la resina compuesta nanohíbrida Tetric N- Ceram® - Ivoclar Vivadent con una media de 371.82MPa, mientras que Tetric N Ceram Bulk Fill® registro 346.46MPa y Te-Econom Plus® con 351.19 MPa<sup>12</sup>.
- **Acurio, P; Falcón, G; Casas, L.** nos da una resistencia compresiva de la resina tipo Bulk Tetric® N-Ceram con profundidades de 4x2mm y 4x4mm (310,06  $\pm$  35,84), (303,87  $\pm$  27,53) respectivamente<sup>11</sup>, esto nos demuestra que las resinas compuestas Bull Fill, tienen comportamientos muy variado independientemente de las marcas comerciales.

En muchos estudios se menciona que la resistencia compresiva de una resina está dada por la cantidad de material inorgánico y el tamaño de las partículas de relleno, veamos esta característica en la FILTEK<sup>MT</sup> P60 XT® el relleno inorgánico es zirconia/sílica de 61% por volumen (sin tratamiento con silano) con un rango de tamaño de partícula es 0.01µm a 3.5µm con un tamaño promedio de partícula de 0.6µm<sup>25</sup>; por otro lado la resina compuesta FILTEK<sup>TM</sup> BULK FILL® su 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 trifloruro 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) <sup>26</sup>. Lo que nos indica que el tamaño de partículas de relleno de zirconia/sílice de la resina filtek P60® explica los mayores valores de dureza encontrados en la presente investigación.

Las resinas Bulk Fill al ser aplicadas en sólo un incremento, nos permiten obtener un bloque homogéneo, libre de burbujas y contaminantes, esto es beneficioso para los odontólogos ya que se ahorraría el tiempo de trabajo, pero por otro lado esto trajo consigo dos grandes interrogantes. Primero, con respecto a la capacidad de contracción durante la fotopolimerización, si es que polimeriza adecuadamente en dicho grosor de incremento y segundo, si la aplicación de resinas con técnica de mono bloque sería perjudicial a largo plazo, ya que la aplicación de resinas con técnica incremental surgió como una estrategia para controlar la contracción y el estrés de polimerización, sin embargo, aún no hay la evidencia científica suficientes sobre su eficacia de estas resinas compuestas.

Se sugiere la necesidad de continuar esta línea de investigación, realizando pruebas tanto in vitro como in vivo, para determinar con mayor certeza su efectividad como material y técnica restauradora.

## CONCLUSIONES

1. Podemos concluir que existen diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK P60 XT® en comparación con la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017 (p-valor=0,002).
2. La resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® estuvo comprendida entre 229,51 a 351,17 MPa con una media de  $293,5 \pm 46,3$   $IC_{95\%} = [264,85 - 322,17]$ ; con un coeficiente de variación de 0,16 podemos afirmar que los datos obtenidos fueron homogéneos. Con ello también concluimos que la Filtek P60® si es factible para el uso de restauraciones en el sector posterior ya que los valores obtenidos se encuentran próximo a la fuerza ejercida durante la masticación.
3. La resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® estuvo comprendida entre 195,10 a 273,14 MPa con una media de  $230,72 \pm 22,5$   $IC_{95\%} = [216,77 - 244,67]$ ; con un coeficiente de variación de 0,09 podemos afirmar que los datos obtenidos fueron homogéneos.  
Los valores obtenidos de la resistencia esta por muy debajo de las fuerzas ejercidas durante la masticación.
4. Como resultado de la investigación presentada, la resina compuesta 3M FILTEK P60® soporta una mayor resistencia compresiva que la resina compuesta 3M FILTEK™ BULK FILL, quedando claro que las propiedades físico mecánicas como la resistencia compresiva de una resina están dadas por el tamaño de sus partículas y el porcentaje de relleno que se utiliza al momento de su fabricación.

## RECOMENDACIONES

- Ocuparse del estudio de cada uno de las propiedades de los materiales dentales, ya que eso nos permitirá una mejor evaluación y/o comprensión, con ello tomar la decisión correcta al seleccionar un material restaurador. Es indispensable conocer la biomecánica de cada material, ya que la industria odontológica nos invade día a día con nuevas tecnologías y materiales, alguno de ellos desarrollados sólo con beneficios económicos, careciendo de pruebas rigurosas que acrediten su utilización.
- Se debería tener en cuenta que los nuevos productos lanzados al mercado, no son sinónimo de garantía y calidad. Por ello hay que tomar en cuenta que la resistencia compresiva es directamente proporcional al relleno inorgánico y el tamaño de las partículas.
- Cabe resaltar que las resinas al estar en el medio oral, están expuestas a un 100% humedad, temperatura de 37°C, hormonas, proteínas enzimáticas y bacterias, además de la flora normal, que hacen que estos materiales se degraden y envejecen, con ello la deficiencia de sus propiedades físicas y mecánicas.
- También se recomienda realizar más estudios sobre resistencia compresiva de resinas utilizadas con otro sistema de polimerización como la luz halógena, a fin de encontrar diferencias entre ambos métodos de polimerización.
- Realizar más estudios que analicen las demás propiedades mecánicas de los materiales utilizados en esta investigación, tal vez empleando diferentes técnicas de fotocurado.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Ortega R. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al desgaste de 3 resinas compuestas de nanotecnología y 3 resinas compuestas convencionales [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2005. Disponible: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/ortega\\_r/sources/ortega\\_r.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/ortega_r/sources/ortega_r.pdf)
2. Montalvo IM. Influencia de los tipos de polimerización ante el efecto de fuerzas compresivas sobre una resina de nano-partícula, una resina Bulk Fill y un cerómero. Estudio in vitro [Tesis Bachiller] [Quito-Ecuador]: Facultad de odontología de la Universidad Central del Ecuador; 2017. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11064>
3. Fierro FL, Borda BM, Duque AI, Moncayo S. Resistencia comprensiva de premolares obturados [Tesis Bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 1998. Disponible: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=239189&indexSearch=ID#refine>
4. Ruiz JM, Ceballos L, Fuentes MY, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. Av. Odontoestomatol; 2003. Disponible: <http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v19n6/original4.pdf>
5. Botto I. Estudio Comparativo in vitro de la resistencia compresiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta mono incremental (SonicFill™) y uno convencional (Herculite® Precis) [tesis/bachiller] [Santiago de Chile (SC)]: Facultad de odontología de la Universidad de Chile; 2013. Disponible: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117406/Botto%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. Blanco S, Frias S, Taron A, Bustillo JM, Diaz A. Resistencia a la compresión del ionómero de vidrio y de la resina compuesta. Estudio in vitro [Tesis Bachiller] Revista Odontológica Mexicana; 2017. Disponible: [https://ac.els-cdn.com/S1870199X17300411/1-s2.0-S1870199X17300411-main.pdf?\\_tid=c43d5346-b903-11e7-97b8-0000aacb361&acdnt=1508881328\\_2b9ff5dbaf42a7d11e730be2dabf5827](https://ac.els-cdn.com/S1870199X17300411/1-s2.0-S1870199X17300411-main.pdf?_tid=c43d5346-b903-11e7-97b8-0000aacb361&acdnt=1508881328_2b9ff5dbaf42a7d11e730be2dabf5827)
7. Garzon JE. estudio comparativo de resistencia a la compresión de la resina filtek P60 3m sometida a calor y presión; estudio in vitro [Tesis Bachiller] [Quito-Ecuador]: Facultad de Odontología de la Universidad central del Ecuador; 2016. Disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6683/1/T-UCE-0015-341.pdf>
8. Naranjo RM, Duque S, Felipe A. Evaluación de la microdureza en tres tipos de resinas dentales compuestas al polimerizarse con dos fuentes de luz a diferentes distancias [Tesis] Universidad Ces, Medellín. Disponible: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/PROYECTO/jhanet/Evaluacion Microdureza.pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/PROYECTO/jhanet/Evaluacion%20Microdureza.pdf)
9. Edison D, Huayhua R. Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Mayor de San Marcos; 2013. Disponible: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3073>
10. Loyola GM. Evaluación in vitro de la microdureza superficial de una resina de nanorelleno y una resina compuesta posterior [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de odontología de la Universidad Mayor de San Marcos; 2012. Disponible: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4018>
11. Acurio P, Falcón G, Casas L. Estudio Comparativo de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill [Lima (PE)]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2017. Disponible: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n27/1659-0775-odov-27-00069.pdf>

12. Mezarina FN. Comparación in vitro de la resistencia a la compresión de las resinas compuestas TE-ECONOM PLUS®, TETRIC NCERAM® y TETRIC N-CERAM BULK FILL® [Tesis Bachiller] [Lima (PE)]: Facultad de Odontología de la Universidad peruana de Ciencias Aplicadas; 2016. Disponible:  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620703/1/original.pdf>
13. SANDOVAL. Resistencia a la fractura frente a carga estática transversal in vitro de las resinas FILTEK Z350 XT 3M-ESPE, TETRIC® N-CERAM IVOCLAR VIVADENT y AELITE AESTHETIC ENAMEL BISCO [Tesis Bachiller] [Ica (PE)]: Facultad de Odontología de la Universidad Alas Peruanas; 2015.
14. Murgueitio R. Propiedades mecánicas en odontología. Revista Estomatológica de la Universidad Chile. Disponible:  
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/2550/1/Propiedades%20mecanicas%20en%20odontologia.pdf>
15. Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 20-23 pp
16. Hervás GA, Martínez LM, Cabanes VJ, Barjau EA, Fos GP. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas [Internet]. Revista Ecielo; 2006. Disponible:  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1698-69462006000200023](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1698-69462006000200023)
17. Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 158 p
18. Phillip. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice. 11va Ed. 402 p
19. Cova JL. Biomateriales Dentales. Editorial Amolca. 2da Ed. 255 p
20. Martinez H, Abdala H, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. Revista CES Odontología; 2011. Disponible:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ceso/v24n2/v24n2a10.pdf>

21. Macchi. Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana. 4ta Ed. 171-186 pp
22. Vega del Barrio J, Hidalgo JJ, Garcia A. Instrumental en odontología. universidad complutense de Madrid; 2010. Disponible: <http://eprints.ucm.es/11826/1/INSTRUMENTACION.pdf>
23. Calvo R. UNIDADES Y PROTOCOLOS DE FOTOCURADO. Boletín científico. Colombia; 2010. Disponible: <http://acodeb.co/wp-content/uploads/2016/09/2010.-Unidades-Protocolo-De-Fotocurado.pdf>
24. Rodriguez D, Pereira N. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS ACTUALES EN RESINAS COMPUESTAS. Fundación Acta Odontológica Venezolana; 2007.
25. 3M ESPE Perfil técnico del producto. Filtek™ P60 Restaurador Posterior.
26. 3M ESPE Perfil técnico del producto. Filtek™ Bulk Fill Resina para Posteriores, revista de literatura; 2014.
27. Página oficial 3M Salud. Disponible: <http://www.3msalud.cl/odontologia/>
28. Real Academia Española, resina, derechos reservados. Madrid; 2017.
29. Resinas compuestas y Nanotecnología. 3M ESPE. Disponible: [http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1247595454000&locale=es\\_CL&assetType=MMM\\_Image&assetId=1180615427648&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1247595454000&locale=es_CL&assetType=MMM_Image&assetId=1180615427648&blobAttribute=ImageFile).
30. Real Academia Española, resistencia, derechos reservados. Madrid 2017.
31. Diccionario internacional. Resistencia a la compresión, derechos reservados; 2017.
32. Phillip. Ciencia de los materiales dentales. Anusavice. 11va Ed.
33. Real Academia Española, in vitro, derechos reservados. Madrid; 2017.
34. Argimon- Pallás J, Jimenez -Villa J. Bases metodológicas de la investigación clínica y epidemiológica. Elsevier. España; 2005. 4ta Ed. 30 p
35. Sanchez-Carrlessi H, Reyes-Meza C. Metodología y diseños en la investigación científica. Editorial Mantaro. 2da Ed. 101-102 p

36. Máquina de ensayos universal computarizada CMSUTM-5L. Disponible:  
[file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/M%C3%A1quina%20Universal%20de%20ensayos%20computarizada%20CMSUT-5L%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/M%C3%A1quina%20Universal%20de%20ensayos%20computarizada%20CMSUT-5L%20(1).pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				METODOLOGIA
			Variables	Indicador	Valor	Escala	
<p><b>PG:</b> ¿Existirán diferencias significativas de la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores, en el año 2017?</p> <p><b>ESPECIFICOS</b></p> <p><b>PE 01:</b> ¿Cuál es la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017?</p> <p><b>PE 02:</b> ¿Cuál es la resistencia compresiva in vitro de la resina compuesta FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017?</p>	<p><b>OG:</b> Determinar si existe diferencias significativas de la resistencia compresiva de las resinas compuestas FILTEK P60® y FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores.</p> <p><b>ESPECIFICOS</b></p> <p><b>OE 01:</b> Evaluar la resistencia compresiva de la resina compuesta FILTEK P60® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017</p> <p><b>OE 02:</b> Evaluar la resistencia compresiva de la resina compuestas FILTEK™ BULK FILL® para la restauración de piezas posteriores, en el año 2017</p>	<p><b>HG:</b> Existen diferencias significativas en la resistencia compresiva in vitro de las resinas compuestas FILTEK P60 XT® y FILTEK™ BULK FILL® para restauración de piezas posteriores en el año 2017</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p><b>X<sub>1</sub>:</b></p> <p><b>Resinas compuestas</b></p>	<p><b>FILTEK P60 XT®</b></p> <p><b>X<sub>2</sub>:</b></p> <p><b>FILTEK™ BULK FILL®</b></p>	<p>Si</p> <p>No</p>	<p>Nominal</p>	<p><b>TIPO DE ESTUDIO</b></p> <p>Experimental, prospectivo, transversal, Analítico</p>
			<p><b>Variable dependiente</b></p> <p><b>Y:</b></p> <p><b>Resistencia compresiva</b></p>	<p>Una carga constituida por 2 fuerzas de igual dirección, pero en sentido contrario, tendiendo a disminuir la longitud del cuerpo. La fuerza que se opone a esta deformación se llama resistencia compresiva</p>	<p>MPa</p>	<p>Razón</p>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>20 bloques cilíndricos de resinas compuestas</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>10 bloques para Filtek P60 XT® y 10 bloques para Filtek™ Bulk Fill®</p>
							<p><b>TECNICA</b></p> <p>Mediciones biológicas</p> <p><b>INSTRUMENTO</b></p> <p><b>Instrumento mecánico</b></p> <p>Máquina digital de ensayos universales CMT-5L</p> <p>Vernier digital de 200 mm. Marca Mitutoyo</p> <p>Condiciones ambientales: Temperatura=22,8 °C</p> <p>Humedad relativa=61,0%</p>



## ANEXO N° 02: RESULTADOS DEL LABORATORIO

- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES.  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES.

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

INFORME DE ENSAYO N°	IE-0228-2017	EDICION N° 1	Página 1 de 3
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>			
TESIS	"ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS FILTEK P60 Y FILTEK BULK FILL PARA RESTAURACIONES POSTERIORES, 2017."		
DATOS DEL SOLITANTE			
NOMBRE Y APELLIDOS	Jhezenia Jhanet Garcia Rivera		
DNI	71468464		
DIRECCIÓN	Urb. La Palma Grande D-5		
CIUDAD	Ica		
EQUIPOS UTILIZADOS			
INSTRUMENTO	Maquina digital de ensayos universales CMT- 5L		
MARCA	LG		
APROXIMACIÓN	0.002 N		
INSTRUMENTÓ	Vernier digital de 200mm		
MARCA	Mitutoyo		
APROXIMACIÓN	0.01mm		
RECEPCIÓN DE MUESTRAS			
FECHA DE INGRESO	05	Septiembre	2017
LUGAR DE ENSAYO	Av. Paseo de la República 5544, Miraflores 15074		
CANTIDAD	2 Grupo		
DESCRIPCIÓN	Muestras Cilíndricas de Resina		
IDENTIFICACIÓN	Grupo 1	Resina compuesta filtek P60	
	Grupo 2	Resina compuesta filtek bulk fill	
REPORTE DE RESULTADOS			
FECHA DE EMISION DE INFORME	07	Septiembre	2017

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC

Av. F. Bartolomé de las Casas N° 584 - Urb. Los Jardines - S.M.P - Lima Perú

Tel.: +51(01) 534 5715 - Lunes a Viernes de 08:00 am - 07:00 pm - Sábados de 09:00 am - 5:00 pm

E-mail.: laboratoriohtl@htlcertificate.com.pe - Web.: www.htlcertificate.pe

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0228-2017		EDICION N° 1		Página 2 de 3	
RESULTADOS GENERADOS							
GRUPO 1				Resina compuesta filtek P60			
Espécimen	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)		
1	8	4	12.57	4 126.34	328.36		
2	8	4	12.57	3 582.84	285.11		
3	8	4	12.57	2 938.67	233.85		
4	8	4	12.57	2 880.35	229.21		
5	8	4	12.57	3 062.42	243.70		
6	8	4	12.57	4 118.79	327.76		
7	8	4	12.57	4 216.86	335.57		
8	8	4	12.57	4 118.79	327.76		
9	8	4	12.57	4 412.99	351.17		
10	8	4	12.57	3 432.33	273.14		

GRUPO 2				Resina compuesta filtek bulk fill			
Espécimen	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)		
1	8	4	12.57	2 868.98	228.31		
2	8	4	12.57	2 981.04	237.22		
3	8	4	12.57	2 745.86	218.51		
4	8	4	12.57	2 843.93	226.31		
5	8	4	12.57	3 138.13	249.72		
6	8	4	12.57	2 647.80	210.70		
7	8	4	12.57	2 745.86	218.51		
8	8	4	12.57	2 481.66	195.10		
9	8	4	12.57	3 138.13	249.72		
10	8	4	12.57	3 432.33	273.14		
LA VELOCIDAD DE ENSAYO				1 mm/min			

<b>INFORME DE ENSAYO N°</b>	<b>IE-0228-2017</b>	<b>EDICION N° 1</b>	<b>Página 3 de 3</b>
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	TEMPERATURA : 22.8 °C HUMEDAD RELATIVA : 61%		
<b>VALIDÉZ DE INFORME</b>	VÁLIDO SOLO PARA LA MUESTRA Y CONDICIONES INDICADAS EN EL INFORME		
<b>ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN</b>	 <p><b>HTL</b> HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE</p>		
<b>ESPECIALISTA DE ENSAYOS</b>			
<b>LABORATORIO HTL CERTIFICATE</b>			



Fecha de emisión: 2016-10-23  
Expediente: MC-2016-1343

- 1. SOLICITANTE** : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.  
Dirección : Av. Fray Bartolomé de las Casas No. 384 Urb. Los Jardines, San Martín de Porres - Lima - Lima.
- 2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES  
Marca : LG  
Modelo : CMT-5L  
Serie : 7419  
Identificación : No Indica  
Rango de indicación : 5000,00 N  
División mínima : 0,01 N  
Tipo de Ensayo : Tracción  
Tipo de indicación : Digital  
Procedencia : Corea  
Ubicación : No Indica  
Fecha de Calibración : 2016-10-22

**3. METODO DE CALIBRACIÓN:**

- La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Maquinari Metálicas. Verificación de máquinas de ensayos universales parte 1. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

**4. LUGAR DE CALIBRACION:**

Laboratorio de Calibración de MECALAB S.A.C.  
Av. Lurigancho Nos. 1063, San Juan de Lurigancho -Lima

**5. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3	20,4
Humedad Relativa (%HR)	59	57

**6. PATRONES DE REFERENCIA:**

Patrón	Marca	Modelo	Certificado de Calibración
Termohigrómetro	Control Company	4087	LI-083-2016 INACAL-DM
Juego de pesas	5 kg, 10 kg y 20 kg / M2	Nagana	MM-2016-003 MECALAB S.A.C.
Juego de pesas	5 kg, 10 kg y 20 kg / M2	Nagana	MM-2016-001 MECALAB S.A.C.

**7. OBSERVACIONES:**

- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta está basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



*[Firma]*  
Gustavo P. Padilla Dueñas  
Gerente de Metrología

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE MECALAB S.A.C.

Av. Lurigancho N° 1063 Urb. Horizonte de Zárate San Juan de Lurigancho, Lima - Perú

Teléfonos: (51-1) 253-9166 / RPM #990 100 068 / RPM #990 200 455

www.mecalabsac.com / E-mail: ventasmecalabsac@hotmail.com / ventas@mecalabsac.com



## ANEXO N° 5: MATRIZ DE DATOS

**TITULO:** ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS FILTEK P60® Y FILTEK™ BULK FILL® PARA RESTAURACION DE PIEZAS POSTERIORES, 2017

ID	Grupos	Mediciones MPa
1	<b>Resina compuesta Filtek P60</b>	328.36
2		285.11
3		233.85
4		229.21
5		243.70
6		327.76
7		335.57
8		327.76
9		351.17
10		273.14
11	<b>Resina compuesta Filtek Bulk Fill</b>	228.31
12		237.22
13		218.51
14		226.31
15		249.72
16		210.70
17		218.51
18		195.10
19		249.72
20		273.14

**Grupo:**

1=Resina compuesta Filtek P60

2= Resina compuesta Filtek Bulk Fill

## ANEXO N° 05: FOTOGRAFÍAS

### 1. Materiales utilizados en la elaboración de las muestras de resinas



**Fotografía N° 01:** Resina Filtek P60® y Filtek Bulk Fill de la 3M ESPE.

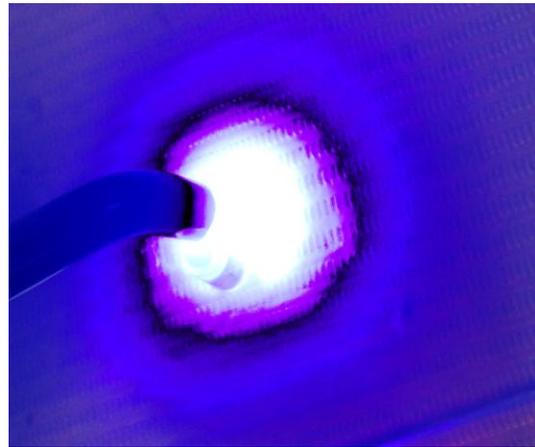


**Fotografía N° 02:** Matriz de metal cortado por medio, utilizado para la elaboración de los 20 cilindros.



**Fotografía N° 03:** Lámpara Led c marca woodpecker: 1000 las Mw/cm2 utilizada para fotocurar las resinas.

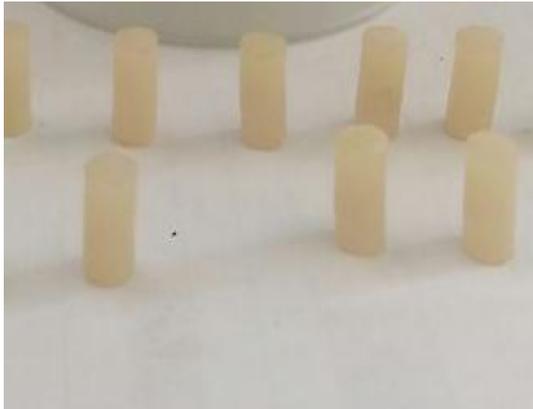
## 2. Elaboración de los cubos de acuerdo a la medida prescritas.



**Fotografía N° 04-05:** Elaboración de los cilindros de las resinas compuestas Resina Filtek P60® (Se utilizó la técnica incremental de 2mm con un tiempo de 20seg de fotopolimerización) y Filtek Bulk Fill (Se utilizó la técnica mono incremental de 4mm con un tiempo de 20seg de fotopolimerización).



**Fotografía N° 06-07:** Cilindros que pasaron a ser pulidas la superficie con una piedra de ARKANSAS, para retirar los excesos.



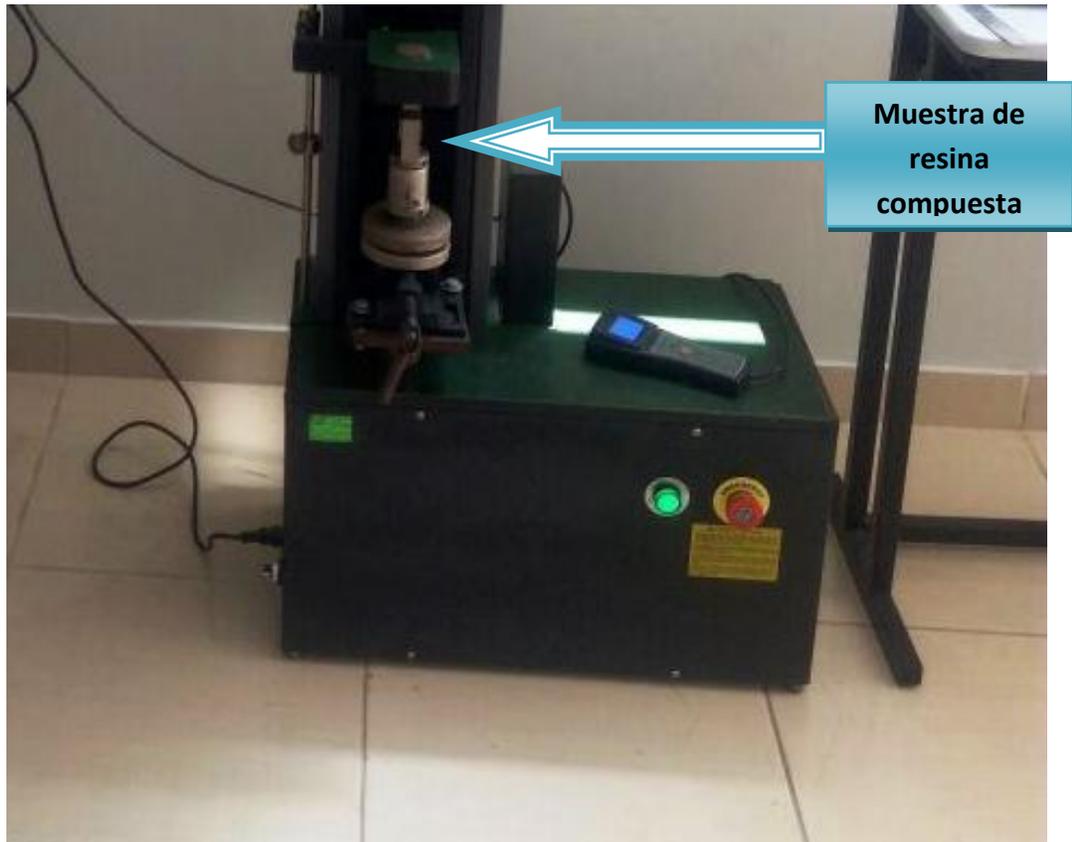
**Fotografía N° 08-09:** Muestras pulidas y almacenadas a temperatura ambiental.

### 3. Laboratorio

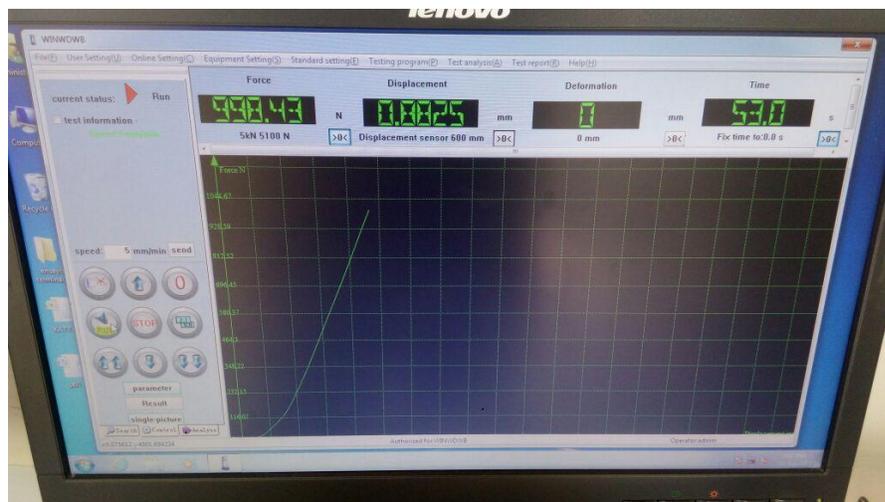


**Fotografía N° 10-11:** Las muestras una vez en el laboratorio se volvió a medir con un calibrador digital para luego ser sometida a prueba de compresión.

**Máquina digital de ensayos universales CMT- 5L marca MITUTOYO.**



**Fotografía N° 12:** Ensayo de compresión en donde se colocaron las muestras, para que luego se ejerza las fuerzas compresivas, en el laboratorio.



**Fotografía N° 22:** Computadora en donde los resultados se registran automáticamente.



**Fotografía N° 13:** Vista panorámica de la máquina digital de ensayos universales CMT- 5L marca MITUTOYO.