



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Postgrado**

**Evaluación de la resistencia Flexural de Resinas Compuestas  
empleadas para restauraciones indirectas variando la técnica  
de inserción del material**

**MARIA CRISTEL ZAMBRANO BONILLA**

**IVAN GARCIA, Dr., Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título  
de Especialista en Rehabilitación Oral

Quito, septiembre 2013

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Posgrados**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Evaluación de la resistencia Flexural de Resinas Compuestas  
empleadas para restauraciones indirectas variando la técnica  
de inserción del material**

**MARIA CRISTEL ZAMBRANO BONILLA**

Iván García, Dr. -----

**Director de Tesis**

Nancy Mena, Dra. -----

**Miembro del Comité de Tesis**

Cristina Burbano, Dra. -----

**Miembro del Comité de Tesis**

María Eugenia Browne, Dra. -----

**Miembro del Comité de Tesis**

Mauricio Tinajero, Dr. -----

**Director del Posgrado de**

**Especialidades Odontológicas**

Fernando Sandoval, Dr. -----

**Decano de la Escuela de Odontología**

Víctor Viteri, Ph.D. -----

**Decano del Colegio de Posgrados**

Quito, septiembre 2013

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: María Christel Zambrano Bonilla

C. I.: 0921925699

Fecha: Quito, septiembre 2013

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo el amor del mundo, a mis padres, Ramón Zambrano y Carmen Bonilla, son ustedes los verdaderos protagonistas. Gracias a ustedes y a su inmenso sacrificio hoy podemos alcanzar juntos una meta más.

Gracias porque un día como hoy es posible y es el resultado de una labor dura y silenciosa de muchos años. Hemos caminado juntos y hoy estamos avanzando.

Es para ustedes con todo mi amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi querida hermana, Karla, por su amor infinito, su lealtad, cariño, comprensión y apoyo incondicional, gracias por creer en mí, por ser mi ángel en la tierra y mi estrella allá en el cielo.

A mi hermano, Jhon Carlos, por haberme enseñado el gran valor del esfuerzo y sacrificio.

A Dios, por darme la vida, acompañarme y enseñarme a vivirla, por permitirme hoy culminar una meta más.

A mi esposo, Enrique y mi hijo Samuel, por todo el amor y la paz que me brindan, por ser hoy mi mayor inspiración.

A mis queridos maestros, por las enseñanzas compartidas y los momentos vividos.

A mis queridos compañeros, gracias por acompañarme durante esta dura pero linda aventura.

## RESUMEN

Los materiales de restauración del tipo poliméricos frecuentemente son empleados para la confección de estructuras protésicas indirectas del tipo incrustaciones, durante esta etapa generalmente el clínico opta por el empleo de elementos humectantes para la manipulación de la resina compuesta, este trabajo tuvo como propósito fundamental investigar y evaluar mediante pruebas de resistencia Flexural el empleo de agentes humectantes (alcohol, adhesivo, wetting, o nada) durante la colocación de dos o un único incremento de resinas compuestas (Point 4 Kerr y Filtek P60 3M-ESPE). Los bloques cilíndricos fueron construidos según especificaciones de la norma ISO 4049 de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 4 mm de espesor. Los datos obtenidos tras la prueba de resistencia flexural fueron analizados por medio de programas estadísticos SPSS versión, observando mediante prueba de ANOVA y teste de Tuckey que definitivamente el mejor resultado se obtuvo con la resina P60, al aplicar dos capas de 2 mm de humectante adhesivo bonding, aun cuando no guarda mayores diferencias de que cuando se construye colocando resina en una sola capa o cuando se emplea cualquier tipo de humectante. Se puede concluir que a resina P60 presenta el mejor comportamiento en cuanto a resistencia flexural sobre todo cuando es colocada en capas máximo de dos mm de igual forma la aplicación de elementos humectantes posiblemente por el hecho de ser de casas diferentes no resulta beneficioso provocando alteraciones en cuanto a la resistencia flexural de las resinas evaluadas

**Palabras clave:** agentes humectantes, resistencia Flexural, resinas compuestas.

## ABSTRACT

Restoration materials are often polymeric type used for the preparation of such structures indirect prosthetic inlays, during this stage usually the clinician chooses to use wetting elements for manipulation of the composite. The aim of this study was to investigate and evaluate flexural strength by testing the use of wetting agents (alcohol, adhesive, wetting, or not use wetting agent) for the placement of two or increased composite (Point 4 Kerr and 3M-ESPE Filtek P60 ). Cylindrical blocks were constructed according to specifications of ISO 4049 on 25 mm long, 2 mm wide and 4 mm thick. The data obtained after flexural strength test were analyzed using SPSS statistical program, observed by ANOVA and Tukey test that the best result was obtained with the P60 (3M-ESPE), applying between the two layers of 2 mm each as wetting the adhesive bonding, no statistically significant difference between the use of other types of wetting. One can conclude that the resin has the best performance P60 (3M-ESPE) regarding flexural strength especially when placed in layers of maximum 2 mm, similarly applying wetting elements, it is beneficial to be different trademark causing changes in resistance flexural composites evaluated.

**Keywords:** wetting, flexural strength, composites.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>1.2. JUSTIFICACION</b> .....	14
<b>1.3 OBJETIVOS</b> .....	15
1.3.1. Objetivos General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4. HIPOTESIS.....	15
<b>2. MARCOTEÓRICO</b> .....	16
2.1. Resinas Compuestas.....	16
2.2. Clasificación.....	18
2.3. Propiedades De La Resina.....	19
2.3.1. Coeficiente de expansión térmica.....	20
2.3.2. Sorción acuosa y expansión higroscópica.....	20
2.3.3. Resistencia a la fractura.....	21
2.3.4. Resistencia a la compresión y a la tracción.....	21
2.3.5. Modulo de elasticidad.....	21
2.3.6. Estabilidad del color.....	22
2.3.7. Radiopacidad.....	22
2.3.8. Contracción de polimerización.....	22
2.4. Resistencia Flexural.....	23
2.5 Resinas Compuestas Para Restauración Indirecta.....	24
2.6. Alcohol Como Agente Humectante (sistema adhesivo)...	25
2.6.1. Clasificación de Sistemas Adhesivos.....	26
2.7. Unión Adhesivo – Resina (Humectantes resinosos).....	29
2.8. Polimerización Y Polimerización Complementaria.....	30

<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Tipo de Investigación.....	33
3.2. Muestra o población.....	34
3.2.1. Criterios de Inclusión.....	34
3.2.2 Criterios de Exclusión.....	34
3.3. Variables.....	35
3.4. Metodología.....	35
3.4.1. Construcción de los cuerpos de Prueba.....	35
3.4.2. Grupos de estudio .....	42
3.4.3. Prueba de resistencia Flexural.....	47
3.5. Recolección de Datos.....	50
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura.1.</b> colocacion de dos matrices metalicas de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor cada una.....	36
<b>Figura.2.</b> Colocación de resina en la primera matriz.....	37
<b>Figura.3</b> Polimerización en el centro .....	38
<b>Figura.4</b> Polimerización en los extremos.....	39
<b>Figura.5.</b> Aplicación del adhesivo bonding entre capa y capa.....	40
<b>Figura.6.</b> Aplicación de Alcohol entre capa y capa.....	40
<b>Figura.7.</b> Aplicación de Wetting Resin entre capa y capa.....	41
<b>Figura.8.</b> Fotopolimerización de las muestras de todos los grupos.....	42
<b>Figura.9.</b> Colocación de las muestras en recipientes cerrados herméticamente oscuros.....	48
<b>Figura. 10</b> .Máquina de ensayos mecánicos de la politécnica.....	49
<b>Figura. 11.</b> Rompimiento de la muestra en la máquina de ensayo.....	49

**LISTAS DE TABLA**

Tabla 1. Grupos de estudio.....	43
Tabla 2.Resultados estadísticos de los grupos en estudio.....	51
Tabla 3. Análisis descriptivo de los grupos de prueba .....	52
Tabla 4.Resultados de la tabla ANOVA para el tipo de resina y aplicación de humectante.....	53
Tabla 5.Resultados de la tabla ANOVA para el tipo de resina y aplicación de humectante.....	54
Tabla 6.Resultados de la prueba ANOVA.....	55
Tabla 7.Resultados de las prueba de diferencias en resistencia media Flexural.....	55

## 1. 1. INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas constituyen actualmente la alternativa más frecuente frente a la restauración de un diente anterior o posterior, fue a partir de 1965, cuando Bowen presento a la comunidad científica el monómero Bis GMA las resinas compuestas han sufrido innumerables cambios en su composición y estructura siempre buscando conseguir las mejores propiedades como material restaurador directo definitivo o por lo menos temporal a largo plazo. Pero no ha sido sino a partir de la última década donde se ha visto una evolución notoria y es así como las resinas compuestas que hace un tiempo se presentaban limitadas para uso de dientes anteriores por no poseer resistencia a la presión masticatoria son indicadas actualmente para la confección de restauraciones indirectas, presentándose como excelente alternativa de material conservador y con características físicas excepcionales (Toledano et al., 2009).

Son muchas las ventajas que ofrecen las resinas compuestas como restauración indirecta sin embargo es su modulo de elasticidad la que la hacen un material indicado para cuando existe como antagonista diente sano e intacto, mismo en lugares donde el impacto masticatorio sea elevado(Toledano et al., 2009).

En la búsqueda por mejorar la manipulación de estos materiales resinosos sin embargo se han propuesto diferentes técnicas, muchas de ellas recomendadas, por los propios fabricantes, de esta manera la aplicación de una pequeña cantidad de adhesivo sobre la resina compuesta facilitaría su manipulación, alargando el tiempo de trabajo y permitiendo mejor manipulación(Ascheim, 2002; Henostroza, 2006 y Leinfender, 1993).

Para Kenneth, 2004 indica que del mismo modo sucede con la aplicación de humectantes tipo wetting resin o alcohol que según la literatura facilitarían el empleo de las resinas compuestas su inserción y manejo sin embargo poco se conoce sobre su utilización, existen diversas opiniones, algunas que recomiendan su uso y otras que afirman comprometer la integridad de la restauración, por lo

tanto no preconizan su uso y podrían alterar las propiedades mecánicas de las resinas compuestas (Barghi et al., 2002).

Con estos antecedentes el objetivo del presente trabajo pretende dar a conocer mediante pruebas de resistencia flexural si el empleo de estos agentes humectantes y facilitadores de la manipulación produce algún tipo de modificación en las propiedades de dos resinas compuestas generalmente empleadas en procesos restauradores indirectos

## **1. 2. JUSTIFICACION**

El empleo de las resinas compuestas como materiales de restauración indirecta ha aumentado en los últimos tiempos, estos materiales comúnmente constituidos por fibras cerámicas incorporadas a su matriz orgánica y a veces inorgánica (manual de productos 3M), son en la actualidad, materiales frecuentemente solicitados como material de restauración en la confección de incrustaciones tipo inlay, onlay, overlay, coronas totales unitarias e incluso puentes de tres unidades.

Esta alta demanda del material va a la par del desarrollo tecnológico que han tenido estos materiales en los últimos años, su manipulación sigue un protocolo de polimerización no así en la técnica de colocación o inserción del material la cual deja en libertad a juicio del operador la colocación de humectantes que facilitan la manipulación del material.

Pese a la revisión de la literatura realizada no existe un planteamiento definido como tratamiento a ser ejecutado durante la colocación de las diferentes capas de resina, esto ha hecho plantearnos como interrogantes: ¿Si la colocación durante el proceso de inserción y elaboración de piezas protésicas mediante resina compuesta reforzada de uno de los tres agentes humectantes permite algún cambio sobre las propiedades mecánicas que estas resinas compuestas poseen?

### **1.3. OBJETIVO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar mediante pruebas de resistencia flexural, la acción que agentes humectantes (tipo wetting resin, alcohol, sistema adhesivo), empleados durante la inserción de la resina producen sobre 2 marcas de resinas compuestas empleadas para restauraciones indirectas cuando son colocadas con diferentes técnicas

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar a través de pruebas de resistencia flexural la influencia que produce el empleo de los tres agentes humectantes facilitadores de la manipulación evaluados, sobre la resina compuesta Point 4 (Kerr), indicada para la elaboración de restauraciones indirectas
- Comparar mediante pruebas de resistencia flexural la influencia que produce el empleo de los tres agentes humectantes facilitadores de la manipulación evaluados, sobre la resina compuesta Filtek P60 (3M-ESPE), indicada para la elaboración de restauraciones indirectas
- Establecer a través de pruebas mecánicas, de la influencia que la técnica de aplicación, en uno o dos incrementos produce sobre su resistencia flexural de dos materiales resinosos restauradores usados para reconstrucciones indirectas evaluados.

### **1.4 HIPOTESIS**

Las propiedades mecánicas frente a pruebas de resistencia flexural, de las resinas evaluadas mejoran cuando su inserción es realizada en incrementos

máximos de 2 mm y cuando no se emplea ningún agente humectante o sistemas adhesivos entre capas.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 Resinas Compuestas**

Para Chain y Baratieri en el 2001, define que las resinas compuestas poseen cuatro componentes básicos importantes: matriz resinosa, iniciadora de polimerización físicos o químicos, fase dispersa de cargas y colorante, y un agente de cobertura de las partículas de carga, vulgarmente conocido como silano.

Por un lado la matriz resinosa, constituida en la mayoría de las veces de monómeros que son diacrilatos alifáticos o aromáticos, los nuevos compuestos comienzan con Bowen, en el año de 1965, el cual desarrolló el monómero del Bis-GMA siendo (bisfenilglicidil metacrilato) y el UDMA (uretano dimetil metacrilato) los más frecuentemente utilizados. Además de estos componentes, la matriz resinosa posee monómeros diluyentes, necesarios para disminuir la viscosidad de los monómeros que poseen alto peso molecular. Los monómeros diluyentes frecuentemente utilizados son dimetacrilato, tales como TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato), el cual posibilita la incorporación de alto contenido de carga además de facilitar un material final con las mejores características de manipulación (Chain y Baratieri, 2001).

Chain y Baratieri en el 2001, refiere que Otro componente son los agentes iniciadores químicos que una vez activados o excitados, dan inicio al proceso de polimerización. En los sistemas resinosos autopolimerizables a base de Bis GMA, por ejemplo el peróxido de benzoilo es el agente iniciador. Ya en los sistemas fotopolimerizables, una luz visible con extensión de onda que

varía de 420 a 450 um excita las canforoquinonas u otra diquetona considerados agentes iniciadores.

Las partículas de carga o componentes inorgánicos ofrecen estabilidad dimensional a la inestable matriz resinosa, con la finalidad de mejorar sus propiedades, de esta manera proporcionan reducción de la contracción de polimerización por el hecho de disminuir la cantidad de resina presente en un cierto volumen, son las responsables por la Menor sorción de agua y un menor coeficiente de expansión térmica. Proporcionan Aumento o en las resistencia de tracción, compresión y abrasión a las resinas y elevan su modulo de elasticidad proporcionando mayor rigidez (Chain y Baratieri, 2001)

Las partículas de carga normalmente utilizadas son de cuarzo o vidrio, obtenidas de diversos tamaños a través de moleduras, siendo el cuarzo dos veces más duro y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de proporcionar mejor adhesión con los agentes de cobertura. Otras partículas de carga también son utilizadas como las diminutas partículas de sílica. (Chain y Baratieri, 2001)

Además de los agentes nombrados se encuentran los Agentes de cobertura, materiales responsables por la unión de las partículas de carga a la matriz resinosa, hecho importante que mejora las propiedades físicas y mecánicas, una vez que ofrece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma mas fácilmente (matriz) a la fase mas rígida (carga). El agente de cobertura ofrece además una estabilidad hidrolítica, ya que previene la penetración de agua en la interface resina/carga (Chain y Baratieri, 2001)

Los agentes de cobertura son frecuentemente denominados silanos, estos últimos por ser moléculas bipolares, también poseen grupos metacrilatos, los cuales forman conexiones covalentes con la resina en el proceso de polimerización, ofreciendo una adecuada interface resina/partícula de carga (Chain y Baratieri, 2001)

## 2.2 Clasificación

De acuerdo con Chain y Baratiari en el 2001, refiere que la clasificación más conocida de las resinas compuestas son basada en el tamaño de sus partículas de relleno, donde se encuentran las resinas macroparticuladas constituidas por Sílice pirogénico con un tamaño medio de 0.04  $\mu\text{m}$  partículas de sílice pirogénico que pueden encontrarse dispersas o aglomeradas en la matriz polimérica.

También pueden ser partículas prepolimerizadas; las Híbridas o convencionales, constituidas por vidrio con una combinación de distintos tamaños de partículas de vidrio, con cierto agregado de sílice pirogénico, para favorecer sus características de manipulación. El tamaño promedio de las partículas de la resinas compuestas híbridas de mas reciente introducción oscila entre 0.4 y 3  $\mu\text{m}$ , mientras que las primeras híbridas contenían partículas de 0.5  $\mu\text{m}$  de tamaño promedio, aunque podían alcanzar hasta 20  $\mu\text{m}$ . (Chain y Baratieri, 2001)

Para Henostroza en 2006, expone que las microhíbridas formadas por Vidrio con tamaño medio de 1  $\mu\text{m}$  o menos siendo las que ha alcanzado la más alta difusión en el mercado actual; las nanopartículas formadas por Sílice pirogénico y zirconia silanizada con partículas de tamaño medio de 20,-60  $\mu\text{m}$ , esta nanotecnología ha hecho posible reducir el tamaño de las partículas de relleno hasta alcanzar dimensiones manométricas. Incluye una combinación de partículas de zirconio, sílice silanizada y partículas aglomeradas de zirconia. La media de tamaño de las partículas individuales de zirconio es de 40  $\mu\text{m}$  y el tamaño de las aglomeradas oscila en el rango de 0,5 a 2  $\mu\text{m}$ . Actualmente se viene empleando el termino nanohíbridas, que significa la incorporación de nanopartículas dentro del material microhíbrido. En esencia, todo híbrido que contiene sílice pirogénico de 0.04  $\mu\text{m}$  = 40 nanómetros puede denominarse nanohíbrido.

### **2.3. Propiedades De La Resina**

Rodriguez Junior et. al en el 2005, señala que la introducción de las resinas compuestas como materiales restauradores, su comportamiento clínico ha sido dictado por sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los composites de base de resina dependen principalmente de su micro estructura y composición. Las características micro estructurales incluyen la distribución de las partículas de relleno y de la presencia la morfología de estas partículas de relleno, y de la presencia de grietas y huecos preexistentes, las características están directamente relacionadas con la composición de la resina.

Las resinas son usadas en la Odontología hace más de 40 años y han sufrido constantes modificaciones por parte de los fabricantes, proporcionando mejores propiedades mecánicas y resultados estéticos más satisfactorios a los pacientes. La morfología y el tamaño de las partículas tienen gran influencia en las propiedades de la resina, como superficie lisa, viscosidad, resistencia a la fractura, desgaste, dureza, contracción y profundidad de polimerización (Toledano et al., 2009).

La Resistencia al Desgaste según Bayne y Taylor en 1999 la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos y palillos de dientes

Para Soderholm en 1891, enuncian que la propiedad depende del tamaño, la forma y el contenido de las partículas de relleno así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales. Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá menor abrasividad. (Kreuleny Van Amerongen, 1991).

La Textura Superficial Para algunos autores como Chapman y Nathanson en 1983, definen la textura superficial como la uniformidad de la superficie del material de restauración. Es decir, en las resinas compuestas la lisura superficial está relacionada en primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad

de las partículas de relleno y en segundo lugar con una técnica correcta de acabado y pulido.

En la fase de pulido de las restauraciones se logra una menor energía superficial, evitando la adhesión de placa bacteriana, se elimina la capa inhibida y de esta forma se prolonga en el tiempo la restauración de resina compuesta (Kreulen y Amerongen, 1991). Braga, Ballestes y ferracane en el 2005 son de opinión que las resinas compuestas de nanorelleno proporcionan un alto brillo superficial.

### **2.3.1 Coeficiente de Expansión Térmica**

Craig en 1998, indica que la velocidad de cambio dimensional por unidad de cambio de temperatura. Cuanto más se aproxime el coeficiente de expansión térmica de la resina al coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura (Leinfelder, 1991).

Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal. Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental, lo cual es significativo, ya que, las restauraciones pueden estar sometidas a temperaturas que van desde los 0° C hasta los 60° C (Soderholm, 1984).

### **2.3.2 Sorción Acuosa y Expansión Higroscópica**

Esta propiedad relacionada con la cantidad de agua adsorbida por la superficie y absorbida por la masa de una resina en un tiempo y la expansión relacionada a esa Sorción (Craig, 1998).Chains, 1984, refiere la incorporación de agua en la resina, puede causar solubilidad de la matriz afectando negativamente las propiedades de la resina fenómeno conocido como degradación hidrolítica.

Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua (Santos, Leinfelder, 1982, Baratieri, 1989 y Anusavice, 2004).

Refieren que la expansión relacionada a la sorción acuosa es capaz de compensar la contracción de polimerización. Las resinas Híbridas proporcionan baja sorción acuosa (Yin, Heiss, Sharp y Suh, 2002).

### **2.3.3 Resistencia a la Fractura**

Así como lo refiere Hu, X. en el 2003, que la tensión necesaria para provocar una fractura (resistencia máxima). Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno, las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación. (Marquis, y Shortall, 2003).

### **2.3.4 Resistencia a la Compresión y a la Tracción**

Para Mandarino en 1989, refiere que son muy similares a la dentina. Está relacionada con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción.

### **2.3.5 Módulo de elasticidad**

Así como lo refiere Hu et. al. en el 2003 indica la rigidez de un material. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido; en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico.

### **2.3.6 Estabilidad del color**

Miyagawa, y Powers, 1983, sostienen que 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. Es importante destacar que las resinas fotopolimerizables son mucho más estables al cambio de color que aquellas químicamente activadas (Dennison, Powers y Koran, 1978).

### **2.3.7 Radiopacidad**

De acuerdo con Anusavice en el 2004, refiere que la es 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.

### **2.3.8 Contracción de Polimerización**

Felizer, De Gee y Davidson en 1987, indican que el mayor inconveniente de estos materiales de restauración. Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separados 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 (Braga y Ferracane, 2004).

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 (Manhart, Garcia y Hickel, 2002).

Un factor importante a ser considerado en el proceso fotopolimerización de las resinas compuestas es el grado de conversión, bien como la cantidad de conexiones dobles de carbono formadas en proceso de fotopolimerización. Las resinas compuestas comprenden una mezcla, de partículas inorgánicas, con una matriz orgánica, ambas unidas químicamente por un agente de unión. El componente resinoso es la matriz polimérica, formada por macromoléculas construidas por repetitivas uniones cercanas a varias unidades pequeñas llamadas de monómeros (Peutzfeldt, 1997).

## **2. 4 Resistencia Flexural**

Para Galdys y cold en 1997, la resistencia flexural es definida como la carga máxima a la que el material se fractura.

Manhart et al., en el 2000 refieren que los factores que mayor influencia producen en las propiedades mecánicas de un material son su contenido de relleno, el tamaño de las partículas, su distribución y las interacciones entre el relleno y la matriz, siendo aparentemente el contenido en volumen del relleno la propiedad que más se correlaciona con la resistencia del material, con su módulo elasticidad y con su resistencia a la fractura.

Las propiedades mecánicas de los materiales híbridos aumentan en relación a su contenido resinoso. Observándose mayores valores con las resinas compuestas (El-Kalla y García Godoy, 1999). Según Sari y cols. en el 2005, evaluando las propiedades mecánicas de las resinas compuestas y el uso de adhesivo entre capas usando la unidad de polimerizado LED (EliparFreelight/3M ESPE). Reportaron que la resina compuesta Filtek Z250 y el sistema adhesivo Single Bond 2 (3M/ESPE), fueron quienes reportaron incremento en sus propiedades evaluadas: módulo de elasticidad y resistencia compresiva. Las diferencias estadísticamente fueron significativas permitiendo concluir que el uso de adhesivo entre capas de resina compuesta afecta negativamente a sus propiedades mecánicas.

Por otro lado Matson et al. (2005), comparando la resistencia flexural de la resina Filtek Z250 (3M) y Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) con la aplicación entre capas de sus respectivos sistemas adhesivos (Single Bond II y Optibond Solo), y polimerización mediante luz LED (SmartLite PS/Dentsply), evaluando 40 cuerpos de prueba confeccionados a partir de una matriz de teflón bipartida (25 mm x 2 mm x 2,0 mm), insertando el material en un incremento único, o doble. Almacenando los CP en agua destilada en estufa biológica a 37°C, durante 24 horas, para posteriormente, ser sometidos a la prueba de flexión en tres puntos en una máquina universal de ensayos Emic DL 10.000 con una célula de carga de 50 kgf y velocidad de 0,5 mm/min. Los valores resultantes considerando el valor medio de 19 resistencia a la flexión en Mpa permitieron concluir que la resistencia flexural de las resinas compuestas es significativamente menor cuando se aplica adhesivo entre capas.

Sin embargo para Bicacho et al. (2005), evaluaron la resistencia flexural de 3 resinas compuestas con el uso o no de sistemas adhesivos entre capas. Fueron preparados 60 especímenes de las resinas compuestas Z250/3M ESPE (Z), Palfique Estelite Paste/J Morita (P) y W3D/Wilcos (W) usando un molde metálico (1x2x1 Omm) y con polimerización de 40 segundos, Los especímenes fueron almacenados por 24 horas para luego después ser sometidos a la prueba de flexión en 3 puntos (distancia: 6mm) en una máquina universal EMIC con una velocidad de 1 mm/min. Los resultados fueron sometidos a análisis de ANOVA 2-way y Tukey ( $p < 0,05$ ) y las medias de la resistencia flexural de los materiales analizados permitieron detectar diferencias estadísticamente significantes entre los composites estudiados, independientemente del uso adhesivo o no entre capas, observando altos valores de la resina Z250, seguida por W3D y Estelite, evidenciando que los grupos con adhesivo entre capas poseían una notable disminución de la resistencia flexural.

Barghi et al. (2002), evaluaron la dureza de la superficie de composites microhíbridos sobre los cuales se aplicó resinas líquidas, Permaseal (PS) (Ultradent, Inc.), Wetting Resin (WR) (Ultradent, Inc.) Ultraseal XL (Ultradent, Inc.) y fortalecer (AF) (Bisco), agentes considerados como hidrófobos y el agente

humectante hidrófilo. El experimento constó de seis grupos, con diez muestras cada uno., muestras que fueron elaboradas en forma de disco (8 x 2 mm) utilizando una resina compuesta microhíbrida (Vitaescence, Ultradent, Inc.); en los cinco grupos experimentales el instrumento utilizado para manipular la resina fue humedecido con alguno de los diferentes humectantes enunciados, para alisar la superficie del composite. El curado fue ejecutado por dos segundos después de la instrumentación, realizando cubierta con un gel de barrera de oxígeno (DeOx, Ultradent Inc.) . La dureza de la superficie fue establecida mediante el medidor de dureza (Rockwell) a 15N. Los valores de dureza de la superficie resultante de los grupos control y grupos experimentales evidenciaron diferencias significativas en la dureza de la superficie entre el grupo control y los grupos experimentales ( $P < .005$ ). Concluyendo que el uso de Resina Líquida puede reducir la dureza de la superficie de las resinas compuestas.

La resistencia flexural es una propiedad mecánica importante de los materiales frágiles, a pesar de que los resultados no pueden ser separados del comportamiento clínico sin considerar algunos aspectos, como fallas de distribución y fiabilidad estructural del material (Rodrigues Junior et al., 2006; Bona, Anusavice y DeHoff, 2003)

No obstante, la prueba in vitro de los tres puntos para probar la resistencia flexural está recomendada por la ISO 4049 para materiales de base polimérica y es ampliamente usada para propósitos comparativos (Rodrigues Junior et al., 2006; Zanchi et al., 2006; Chunget al., 2004; Palin, Fleming y Marquis2005)

Deborah, Katherine, Marcos y Gerald en el 2000 sostienen con respecto a la Manipulación de las resinas que a pesar de todas las ventajas que poseen las resinas compuestas, la colocación de las mismas es una técnica sensible y requiere de mayor tiempo de colocación, ya que se deben controlar factores como la humedad del campo operatorio y la contracción de polimerización.

## 2.5 Sistemas adhesivos

Como lo refiere Miyashita en el 2005, la adhesión se define como la fuerza de atracción entre átomos o moléculas de dos superficies diferentes en íntimo contacto. La adhesión en Odontología es un tema complejo, que abarca variables técnicas y que enfrenta un fuerte oponente a su éxito, el ambiente húmedo del medio bucal. Para su aplicación odontológica, un adhesivo dentario también debe ser capaz de adherirse a superficies que pueden no permitir total secado y, más importante, mantener esa adhesión, aun en contacto continuo con la humedad. (Fonseca 2005)

### 2.6.1. Clasificación De Sistemas Adhesivos

Para Barrancos 2006, Cova 2010, Kugel 2000 y Van Meerbeek 2001, los sistemas adhesivos han sido clasificados de diferentes formas sin embargo la más frecuente y clásica ha sido considerandopor su generación que son:

- **Los Adhesivos de primera generación**, Ehrlich 2005, señala que fueron los primeros adhesivos que aparecieron en el mercado. El primer antecedente histórico es del año 1951 con el adhesivo Sevriton, que no era estable en medio húmedo. El primer adhesivo comercial fue el Carvident, de la casa SS White que buscaba la quelación con el calcio superficial para lo cual utilizó un comonomero de superficie activa NPG-GMA buscando así buscar una unión química con el tejido dentario. Eran adhesivos utilizados para pequeñas restauraciones clase II y clase V, siendo las cavidades similares a las utilizadas para amalgama. Frecuentemente se observaba sensibilidad postoperatoria con su uso. Las principales características de estos adhesivos dentinarios son que no trataban la dentina con ácidos, vale decir, no eliminaban la capa de barro dentinario, y que estaban constituidos por resinas hidrofóbicas que se veían en gran medida afectadas por inmersión de agua ( Swift, Perdigao y Heymann 1995)

- **Los Adhesivos de Segunda Generación**, Heymann 1995; Barkmeier, Hammesfahr y Latta en 1999, definen que intentaron usar el barro dentinario como superficie de unión. La mayoría de estos materiales fueron ésteres halofosforosos de resina sin relleno tales como Bis-GMA (Bisfenol A Glicidildimetacrilato) o HEMA (hidroxietilmetacrilato). La adhesión a la estructura mineralizada de la pieza dentaria ocurría a través de una reacción iónica entre los grupos fosfatos que tienen carga negativa y el calcio que posee carga positiva. Posteriormente se evidenció que la humedad hidrolizaba esta unión, motivo por el cual los valores de resistencia logrados con estos adhesivos sólo eran del orden de 6 a 10 Mpa. Su mayor problema es que tuvieron un bajo rendimiento clínico debido a que se unían mayormente a la capa de barro dentinario que a la dentina subyacente. En consecuencia, sus fuerzas de unión estaban limitadas por la fuerza cohesiva de la capa de barro dentinario o por la adhesión de la capa de barro dentinario a la dentina subyacente (Ehrlich, 2005)
- **Los Adhesivos de Tercera Generación**, los adhesivos de tercera generación, que eliminaban o modificaban la capa de barro dentinario superficial logrando la penetración de la resina hacia la dentina, buscando unión micromecánica en vez de química. Estos adhesivos dentinarios fueron generalmente más efectivos que sus predecesores en la reducción de la microfiltración en los márgenes diente-restauración, aunque ellos no pueden eliminar completamente la microfiltración marginal. Ellos introdujeron el uso de un sistema de dos componentes: primer y adhesivo. Lograron mayor humectabilidad y adhesión a dentina con valores de resistencia sobre los 10 Mpa (10-18 Mpa), disminución de la sensibilidad postoperatoria en restauraciones oclusales posteriores y pese a la necesidad de cavidades retentivas se necesitaban diseños menos retentivos que aquellos necesarios para los adhesivos anteriores. Sus principales características son que eliminan la capa de barro dentinario y que se

componen de resinas hidrofílicas.(Heymann 1995; Barkmeier, Hammesfahr y Latta 1999; Ehrlich 2005)

- **Los Adhesivos de Cuarta Generación**, también conocidos llamados adhesivos universales, ya que se unen a esmalte, dentina, amalgama, metal y cerámica. Su principal característica es la formación de la llamada capa híbrida, que se basa en la impregnación y difusión de la resina de enlace en la dentina descalcificada, la que polimeriza en forma interdigitada con la malla de colágeno. Propios de esta generación de adhesivos son los conceptos de grabado total adhesión sobre dentina húmeda. Estos adhesivos pueden ser autopolimerizables, fotopolimerizables o duales. Presentan una alta adhesión, dando valores de resistencia adhesiva del orden de 16 a 23 Mpa, y presentan una baja sensibilidad postoperatoria (Barrancos 1999; Al-Ehaideby Mohammed 2001; Ehrlich 2005)
- **Los Adhesivos de Quinta Generación**, Son aquellos adhesivos conocidos erróneamente como “monocomponentes” pero que en realidad corresponden a sistemas “monobotellas”, ya que no están formados por un solo componente sino que mezclan en una misma solución (botella) el agente imprimante (primer) con el adhesivo, requiriendo un paso previo de acondicionamiento dentario con ácido fosfórico (Al-Ehaideby Mohammed 2001; Tanumiharjaet.al. 2000; Ehrlich2005). Las instrucciones de uso son simples y no tienen la necesidad de mezclar sus componentes, pero son menos versátiles que los anteriores adhesivos, ya que solamente son fotopolimerizables; los tiempos operatorios son igualmente largos respecto a los otros sistemas, con presencia de baja sensibilidad postoperatoria....REF
- **Sexta generación (mediados de 1990)** No requieren el uso de ácido fosfórico y por lo tanto no requieren lavarse, su principal características tenemos es la necesidad de no se grabar con ácido fosfórico, el

imprimador es autograbadador y se presenta en frasco separado del adhesivo o en unidosis, tienen agua como solvente, la resistencia en esmalte es de 7- 28 MPa y en dentina entre 16-35 MPa (Cova, 2010).

- **Séptima generación** constituyen una modificación de los materiales de sexta generación (Cova, 2010). Son sistemas de un solo frasco, que no requieren ninguna preparación y permiten una aplicación clínica más sencilla y rápida (Barrancos 2006). Su química se basa en la aparición de resinas con carácter ácido en la composición de los adhesivos (Barrancos 2006). Representan un valioso aporte a la eliminación de la sensibilidad post-operatoria, se presentan en un solo frasco y no requiere mezcla, la resistencia de unión de 18 - 28 MPa en esmalte y 18 - 28 MPa en dentina (Cova, 2010).

## **2.7. Unión Adhesivo – Resina (Humectantes Resinosos)**

WettingResin, representa un grupo de resina del tipo humectante que puede utilizarse durante la construcción de capas incrementales de composite. Se recomienda su uso cuando la capa de inhibición por oxígeno ha sido removida o alterada (por ejemplo lavado de la superficie de composite luego de una contaminación). La resina humectante puede colocarse sobre la superficie de la resina si se ha secado durante la colocación, embebida sobre un instrumento o cepillo para mejorar el corrimiento (Ultradent, 2002)

Esta resina del tipo humectante facilita y mejora significativamente considerada Komposit modellation, es compuesto flexible, que incrementa la adherencia entre las capas compuestas, contiene un contenido de relleno del 45% y no contiene disolventes, sin afectar las propiedades físicas del material compuesto (Ultradent, 2002).

Según Ultradent en el 2002 este tipo de humectantes a menudo contienen disolventes o productos cáusticos, e incluso su contenido de relleno muy bajo, que conduce a un debilitamiento del material compuesto.

## 2.8 Polimerización Y Polimerización Complementaria

Las resinas compuestas poseen dos mecanismos básicos de polimerización: los sistemas químicamente activados y los foto activados, que necesitan de una unidad emisora de luz visible. Los componentes químicamente activados fueron utilizados por mucho tiempo, sin embargo sus desventajas tales como, descontrol sobre el tiempo de polimerización, inestabilidad de color, porosidad, etc demandaron el desarrollo de nuevos materiales plásticos que se polimerizaran a través de la exposición de sus constituyentes a través de una intensa fuente de irradiación óptica electromagnética, las resinas compuestas fotopolimerizables se polimerizaban por irradiación ultravioleta localizada en una franja de ondas de 320 a 365 nm, también este sistema no se presentó muy efectivo en lo que se refiere a la profundidad de polimerización, factor que aleados a las desventajas de la irradiación ultravioleta impulsaron el desarrollo de las resinas compuestas activadas por luz visible. (Chain yBaratieri, 2001)

A diferencia de las resinas compuestas químicamente activadas que producen radicales libres (reacción de polimerización por adición) a través de la reacción química del peróxido de benzoilo con una amina terciaria, las resinas compuestas activadas por luz visible inician su proceso de polimerización por absorción de luz, pero solamente luz dentro de una franja específica de longitud de onda. El proceso ocurre a partir de la excitación de un componente, alfa diketona (generalmente la canforoquinona), que una vez activada, reacciona con un agente reductor amina alifática para liberar los radicales libres, que dan inicio a la polimerización de los grupos metacrilatos y forman una matriz polimérica de reacción cruzada.

Si no existe luz suficiente para activar el componente alfa diketona el grado de conversión será deficiente y el material presentara propiedades físicas y mecánicas pobres. Otro factor a considerar es la profundidad de la

polimerización, ya que estas resinas no se polimerizan uniformemente, si no que solamente donde la luz los alcanza, causando distintos niveles de conversión mientras que la restauración se profundiza, pues la luz es absorbida, dispersa y atenuada en este trayecto a través del material (Chain y Baratieri, 2001)

Las resinas compuestas fotopolimerizables tienen la ventaja de ser sistemas con un tiempo de trabajo ilimitado antes de que endurezca el material, pero su fraguado no es uniforme. Por esta razón, son colocados en capa de 2 mm de altura, garantizando así, la eficiencia de la polimerización, aspecto de vital importancia en el comportamiento final de los composites (Veranes et al.,2003; Gebeleiny Kobliz, 1981; Davidenko, Garcia y Sastre, 2001)

Ha sido demostrado experimentalmente que una lenta reacción de polimerización de las resinas compuestas puede causar menor daño a la interface de la restauración, por aumentar el escurrimiento del material en la fase inicial de la formación de los polímeros, disminuyendo así la tensión de la contracción de polimerización. Una intensidad de luz insuficiente puede inducir a propiedades inferiores, tales como menor dureza y resistencia, siendo que una intensidad de luz alta puede aumentar la tensión de contracción.(Koran, Kurschner,1998; Leinfelder, 1999; Sinhoreti, 2001). Los principales factores responsables por el éxito de las restauraciones estéticas realizadas con resina compuesta fotopolimerizables son: emisión de suficiente intensidad de luz, correcto largo de onda y tiempo de exposición adecuado. Entretanto, en los sistemas fotoactivados, la polimerización no ocurre por toda la masa por todo el volumen, como en las resinas químicamente activadas, pero solamente donde la luz consigue alcanzar, con una intensidad mínima, dentro del espectro de absorción de la canforoquinona. (Martins et al. 2002).

Para obtener una polimerización eficaz de la resina compuesta es necesario según Chain y Baratieri, en el 2001 una Efectividad de la polimerización, donde según los autores el fotopolimerizador adecuado debe poseer sobre todo un esplendido potencial de fotocurado, que es eficazmente comprobado a través de

la utilización de un radiómetro de fotocurado. Este mide específicamente la intensidad de energía en la franja de 400 a 500 nm (franja de largura de onda de luz polimerizadora). De forma general los fotopolimerizadores con intensidad de luz útil menor a 300 nmw/cm<sup>2</sup> no son efectivos y deben ser reparados o cambiados.

Otro factor a considerarse es La manera de aplicar la luz sobre el material, Esta varía según cada individuo y con el diámetro de la guía de luz. Para diámetros mayores de la puntera (11 a 13mm) que cubren toda la extensión de la restauración el mejor método es la aplicación fija de luz durante el minio tiempo determinado por el fabricante de la resina. Cuando el diámetro es menor que la superficie a ser recubierta, la aplicación en puntos, introduciendo la luz fija en cada parte de la restauración, desempeña mejor la polimerización (Chain yBaratieri, 2001)

Sin embargo El diámetro de salida de luz de la parte activa del aparato según (Chain y Baratieri, 2001) Los diámetros de salida mas usuales se miden de 7 a 8 mm, lo que provee una polimerización adecuada en restauración de pequeño porte, sin necesidad de mover la luz o variar los puntos de aplicación. En restauraciones amplias, las punteras de mayor diámetro son más efectivas y facilitan el trabajo.

El tiempo de polimerización, es otro factor siendo importante seguir rigurosamente las instrucciones del fabricante. utilizando punteras más anchas de 11 a 13 mm, aumente tiempo de polimerización por lo menos en 50% del indicado.(Chain yBaratieri, 2001)

En la tentativa de reducir las tensiones generadas durante la polimerización de las resinas compuestas sin comprometer sus propiedades mecánicas, la técnica de polimerización gradual pasó a ser considerada. Ha sido evidenciada experimentalmente que una lenta reacción de polimerización puede causar daños menores a la interface adhesiva por aumentar la posibilidad de escurrimiento del material, prolongar la fase pre-gel de la resina compuesta y consecuentemente, disminuir el estrés de contracción, resultando en menor

inducción de estrés mecánico y por tanto, menores índices de fisuras e infiltración marginal (Braga, Ballester y Ferracane, 2005; Nalcaci, Salbas y Ulusoy, 2005; Bouschlicher, Ruiggeberg y Boyer, 2000; Bouschlicher y Ruiggeberg, 2000)

Con la finalidad de eliminar estos problemas relacionados con la técnica directa de la resina compuesta, procedimientos restauradores indirectos y métodos de polimerización complementarios son descritos en la literatura, con la intención de promover una mejora en el desempeño clínico de las resinas compuestas. Diversos estudios fueron desarrollados con la finalidad de aumentar las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas por los métodos de polimerización complementaria o adicional, así la termopolimerización o calor seco (estufa de esterilización), neumotermopolimerización o calor húmedo (autoclave), sistema luz calor (light-box), ondas electromagnéticas (microondas) y aparatos hidroneumáticos (GomesFilho, et al., 2008).

La variación de velocidad de la reacción puede ser promovida a través de técnicas "soft-start" o de cualquier método que disminuya la cantidad de energía inicial en la resina compuesta en el momento de su activación y reorganización de cadenas poliméricas. El método "soft-start" consiste en iniciar la polimerización con una luz de baja intensidad ( $\pm 100$  mW/cm<sup>2</sup>) seguida de la aplicación de una luz de alta intensidad ( $\pm 800$  mW/cm<sup>2</sup>) (Obici et al., 2002; YAP et al., 2002). Según Feng y Suhen el 2006 y Neo et al., en el 2005 una mejor integridad marginal puede ser alcanzada con la utilización de ese método, sin comprometer las propiedades mecánicas, al mismo tiempo que se generan tensiones de contracción menores.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipo In vitro, experimental, pues serán confeccionados especímenes en laboratorio que serán sometidos a pruebas de

ensayo mecánico para ser evaluado su resistencia flexural, comparativo pues serán establecidos grupos considerando dos materiales a ser evaluados y cada uno de ellos con la variable de la manera de inserción de la resina y la aplicación o no de agente humectante facilitador de la manipulación

### **3.2 MUESTRA**

Las muestras estará constituida por 160 bloques cilíndricos 10 por cada grupo cada uno construido según indica las especificaciones de la norma ISO 4049 de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 4 mm de espesor, siguiendo metodología empleada pro Castillo 2011, 80 de los cuales serán construidos con resina Point 4 (Kerr) variando en ellos la técnica de colocación de resina para construcción de dichos cilindros y la aplicación o no de agentes humectantes facilitadores de la manipulación y los restantes 80 serán construidos con resina Filtek P60 (3M) con la que también se variara la inserción de dicha resina y la colocación o no de agentes humectantes facilitadores de la manipulación

#### **3.2.1 CRITERIOS DE INCLUSION**

- cilindros de resina que cumplan con las especificaciones sugeridas por las normas ISO
- cilindros de resina elaborados con los materiales y técnicas descritas anteriormente
- cilindros de resina que cumplan con las dimensiones sugeridas por las normas ISO

#### **3.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- cilindros que en el momento de su elaboración evidencien la presencia de burbujas en su estructura
- cilindros de resina que no cumplan las especificaciones y dimensión sugeridas por las normas ISO

### **3.3 DETERMINACIÓN DE VARIABLES**

Serán tres las variables de estudio,

Por un lado las resinas compuestas empleadas para restauración indirecta que serán dos marcas Point 4 (Kerr) y Filtek P60 (3M-ESPE).

La forma de inserción de estas resinas para la construcción de los cuerpos de prueba, que serán dos tipos de técnicas de inserción la una en bloque y la otra incremental.

La aplicación o no de agentes humectantes facilitadores de manipulación que serán cuatro, alcohol, sistema adhesivo, wetting resin y la no aplicación de agente alguno.

Las variables controladas serán:

La técnica, marca de lámpara, distancia de polimerización de los cuerpos de prueba, que será realizada con una misma marca de lámpara SEASKY tipo LED, aplicada la punta de la lámpara a 2 mm de la superficie del cuerpo de prueba, para lo cual será diseñado un tope que permita mantener una distancia uniforme entre la punta de la lámpara fotopolimerizadora y los cuerpos de prueba

Otro factor a considerar será la cantidad en cuanto a material de los agentes humectantes facilitadores de manipulación que serán colocados en la construcción de los cuerpos de prueba, con el uso de un aplicador se retira una gota del agente acondicionante y luego se aplica sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos.

### **3.4 METODOLOGIA**

#### **3.4.1 CONSTRUCCIÓN DE CUERPOS DE PRUEBA**

Para la elaboración de las muestras se siguió la norma ISO 4049 de resistencia flexural, siguiendo la metodología empleada por Castillo 2011.

Las muestras fueron confeccionadas mediante la utilización de dos matrices metálicas de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor cada una (**Figura 1**), mediante la lámpara SEASKY tipo LED las mismas que fueron rellenas con dos diferentes tipos de resina a ser usadas en el estudio. Point 4 (Kerr) y Filtek P60 (3M). Para ello una de las matrices será apoyada sobre una lámina de acetato de 2mm que servirá para la obtención de una superficie plana y lisa de la resina compuesta, colocándose una cartulina negra para evitar que existiera reflexión en el fondo de la luz. A su vez tanto la matriz de metal como el acetato y la cartulina descansaban sobre una plantilla de metal con rieles para dar apoyo y estabilidad a estos elementos.

La colocación de la resina se realizó con dos técnicas, para los grupos donde se colocaron en incrementos dos capas de 2 mm de espesor fue colocado el primer incremento, luego se colocó la segunda matriz encima de la primera y se colocó nuevamente el siguiente incremento también de 2 mm previa polimerización del primer incremento .

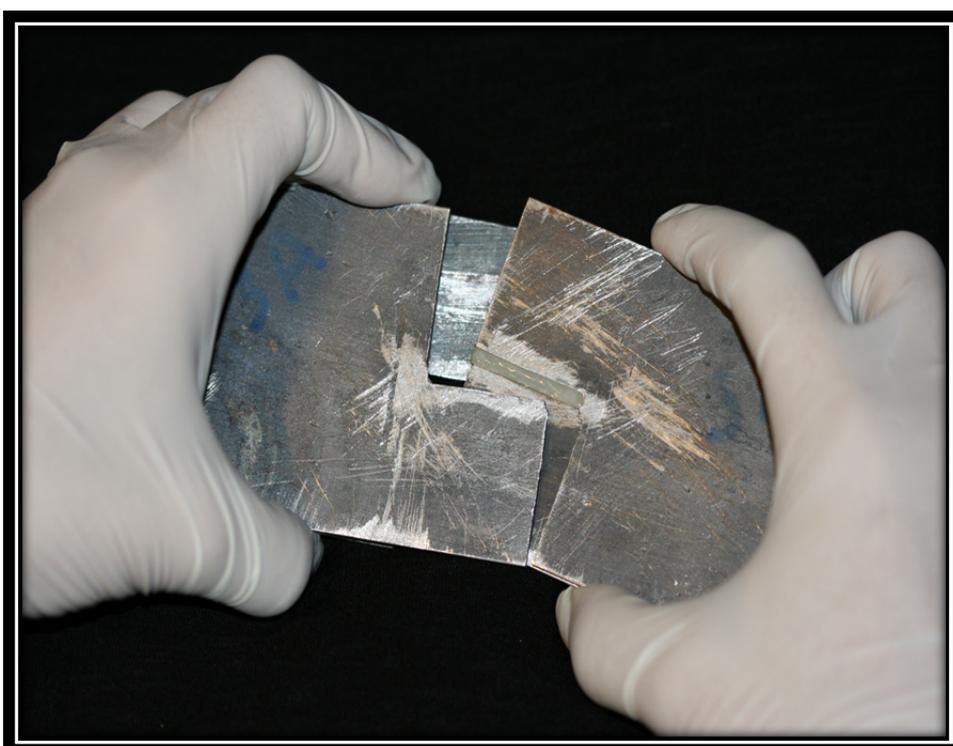


Figura No. 1 colocacion de dos matrices metalicas de 25 mm de largo, 2 mm de ancho y 2 mm de espesor cada una(Fuente y Elaborador :Christel Zambrano 2013)

Para los grupos donde la técnica de inserción se realizo en un bloque solo, una vez colocada la primera matriz una exactamente igual a la anterior fue colocada encima de tal forma que se obtenga una profundidad de 4 mm y una vez posicionadas las dos matrices una encima de otra se colocó la resina compuesta en un solo bloque (figura 2).

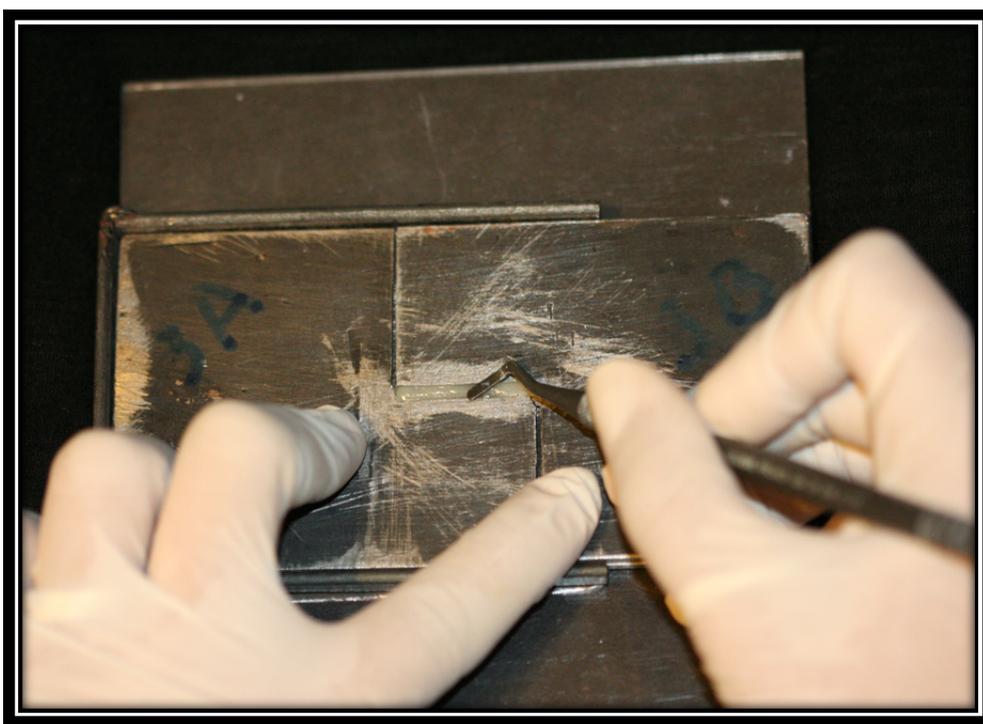


Figura No 2 Colocación de resina en la primera matriz (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

En ambas técnicas de colocación fueron estandarizada la distancia de polimerización, 2 mm, mediante la colocación encima de otra matriz, posteriormente se aplicó sobre ella la luz de fotopolimerización, primero en el centro (Figura 3) y luego a los extremos (Figura 4), con un tiempo de 20 segundos en ambos grupos.

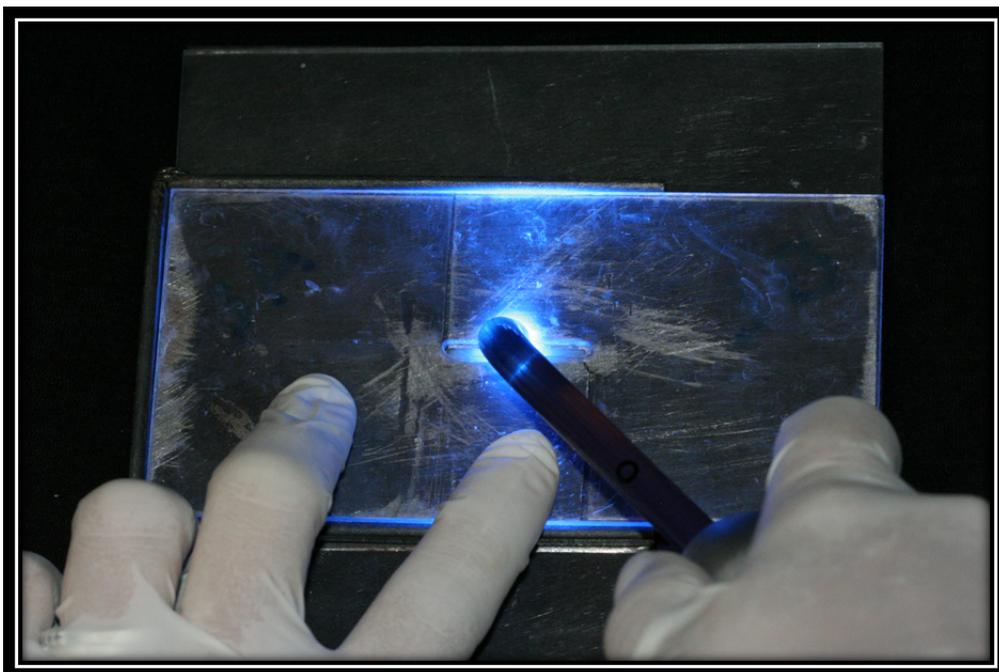


Figura No 3. Polimerización en el centro (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

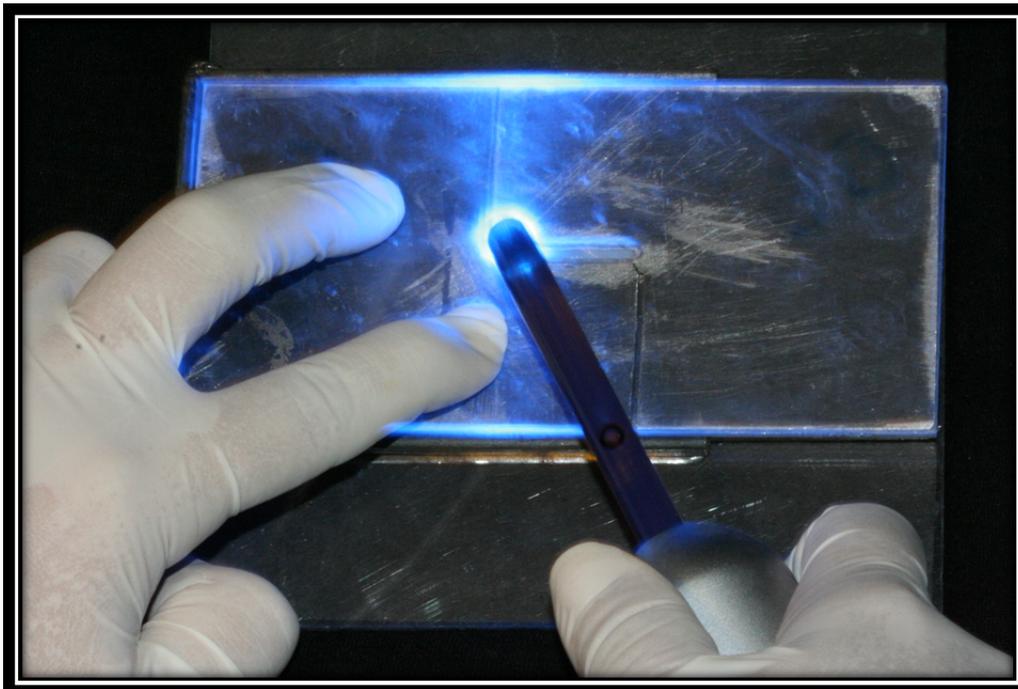


Figura No. 4 Polimerización en los extremos (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

Para los grupos donde un agente humectante facilitador de la manipulación sea empleado sea este, sistema adhesivo <sup>^bonding^</sup>( Figura, 5), alcohol (Figura, 6) o weiting resin ( figura, 7), fue colocado este agente entre capa y capa con el uso de un aplicador, se retiraba una gota y se aplicó sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos., estos agentes humectantes no fueron sometidos a ningún tipo de tratamiento ni fotopolimerizador ni de ningún tipo ni aplicado aire entre su aplicación y la nueva capa de resina en el caso de los cuerpos de prueba de los grupos donde fueron colocados en una sola capa, la inserción de la resina puede ser en varias capas pero la polimerización únicamente será en una de tal manera que entre capa y capa será colocado el agente humectante a ser probado.



Figura No. 5 Aplicación del adhesivo bonding entre capa y capa (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

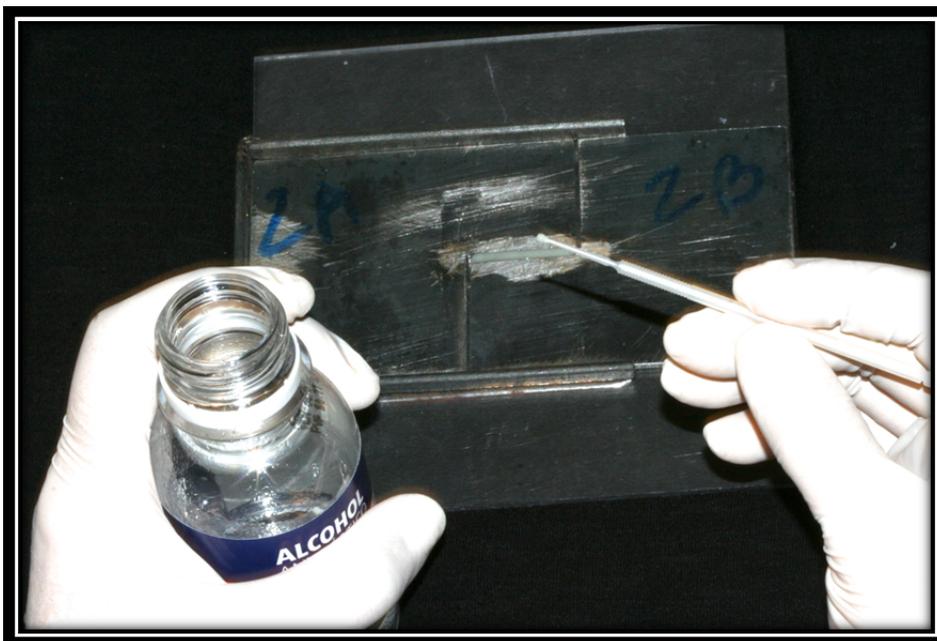


Figura No. 6 Aplicación de Alcohol entre capa y capa (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

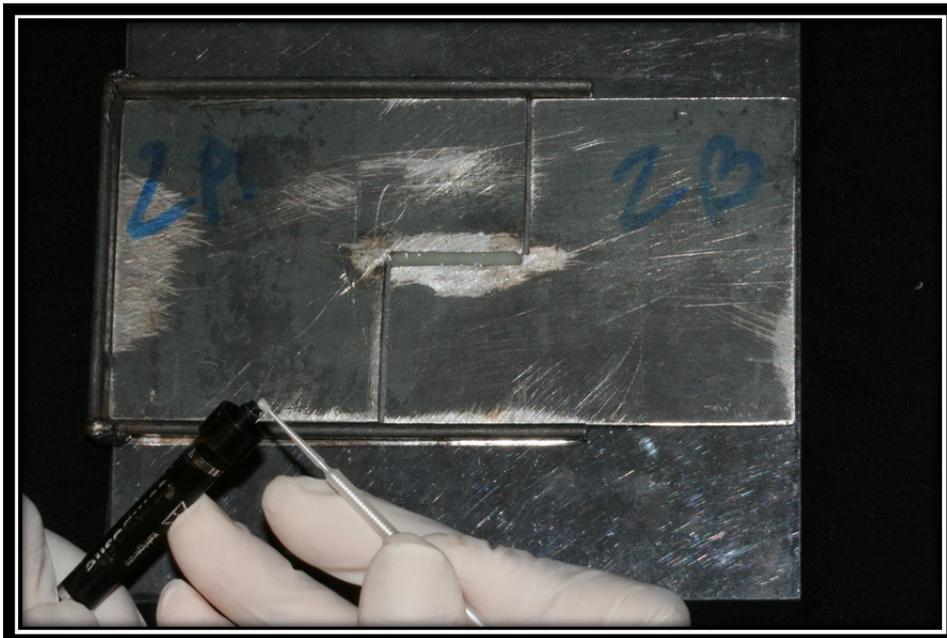


Figura No. 7 Aplicación de Wetting Resin entre capa y capa (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

Fotopolimerizados (Figura, 8), todas las muestras de todos los grupos con la misma lámpara SEASKY tipo LED, unificando la distancia a la que la lámpara fue colocada. Entre la punta de la lámpara y la resina que fue para todos los grupos a 2 mm de distancia

Luego de lo cual fueron colocadas en recipientes cerrados herméticamente oscuros que no dejen pasar la luz y sin agua y fueron llevados a ser sometidos a las pruebas de resistencia Flexural (Figura, 9).

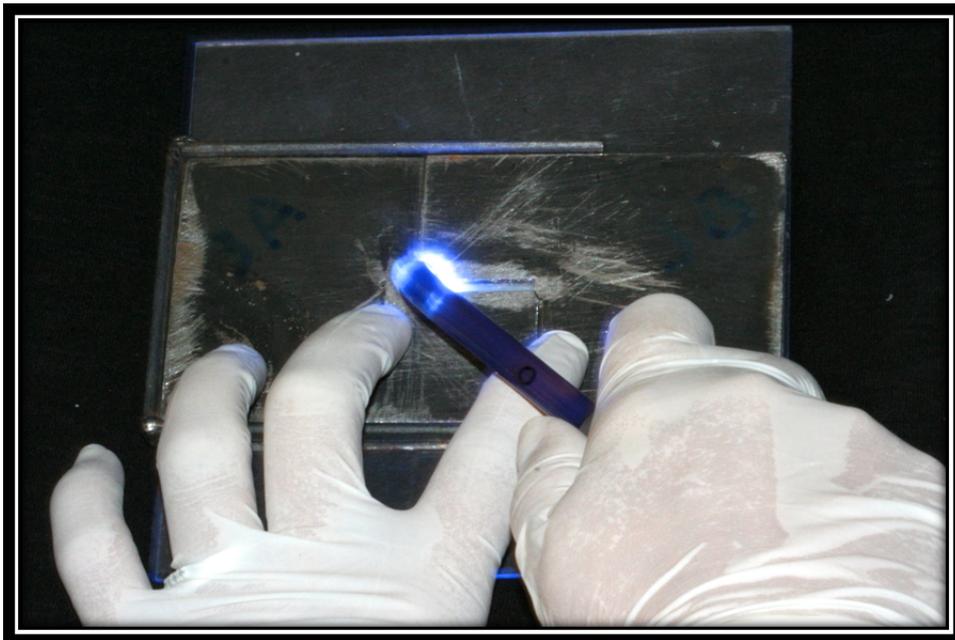


Figura No. 8 Fotopolimerización de las muestras de todos los grupos (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

### **3.4.2 GRUPOS DE ESTUDIO**

Serán establecidos 16 grupos de estudio cada uno conformado por 10 cuerpos de prueba como señala la tabla 1

Tabla 1. Grupos de estudio

	Resinas			
técnica de colocación	resina point 4		resina P60	
humectantes	2 capas de 2mm	1 capa de 4 mm	2 capas de 2 mm	1 capa de 4 mm
nada	G1	G2	G3	G4
alcohol	G5	G6	G7	G8
sistema adhesivo ^bonding^	G9	G10	G11	G12
weitingresin	G13	G14	G15	G16

Fuente Y Elaboración:Christel Zambrano 2013

- **El Grupo 1**, Constituido por 10 cuerpos de prueba donde fue colocada la resina point four en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia y no será colocado ningún elemento considerando humectante entre capas
- **Grupo 2**, Constituido por 10 muestras, Donde fue colocada la resina point four en un solo bloque de 4 mm de espesor sin ningún elemento humectante, polimerizado con la lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia.
- **Grupo 3**, Formado por 10 muestras, donde fue colocada la resina P60 en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con

lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia y no será colocado ningún elemento considerando humectante entre capas

- **Grupo 4**, Formado por 10 muestras Donde fue colocada la resina P60 en un solo bloque de 4 mm de espesor sin ningún elemento humectante, polimerizado con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia.
- **Grupo 5** Formado por 10 muestras donde fue colocada la resina point four en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia, colocando alcohol como elemento humectante entre capas. Para la técnica de inserción utilizando alcohol, después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se coloca alcohol sobre el molde con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubicaba otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.
- **Grupo 6** Formado por 10 muestras. Donde fue colocada la resina point four en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando alcohol como elemento humectante y polimerizado por 20 segundos a 2 mm de distancia. Para la técnica de inserción utilizando alcohol, después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se coloca alcohol sobre el molde con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubicaba otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.
- **Grupo 7** Formado por 10 muestras donde fue colocada la resina P60 en dos incrementos cada uno de 2 mm foto polimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia y colocando alcohol como elemento considerando humectante entre capas

Para la técnica de inserción fue utilizado alcohol, después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se coloca alcohol sobre el molde con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubico otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.

- **Grupo 8** Donde fue colocada la resina P60 en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando alcohol como elemento humectante, polimerizado por 20 segundos a 2 mm de distancia. Para la técnica de inserción fue utilizando alcohol, después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se coloca alcohol sobre el molde con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente fue ubicado otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.
- **Grupo 9** Donde fue colocado la resina point four en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia, colocando bonding como elemento humectante entre capas
- **Grupo 10** Donde fue colocada la resina point four en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando bonding como elemento humectante y polimerizado por 20 segundos a 2 mm de distancia
- **Grupo 11** Donde fue colocado la resina P60 en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia por 20 segundos a 2 mm de distancia y colocando bonding como elemento considerando humectante entre capas
- **Grupo 12** Donde fue colocada la resina P60 en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando bonding como elemento humectante, polimerizado por

20 segundos a 2 mm de distancia., con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos.

- **Grupo 13** Donde fue colocado la resina point four en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia, colocando wetting resin como elemento humectante entre capas que será colocado después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se retiraba una gota de Wetting Resin y se aplicó sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubico otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se siguió exactamente los mismo pasos que en el grupo control.
- **Grupo 14** Donde fue colocada la resina point four en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando wetting resin como elemento humectante y polimerizado con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia. Para la técnica de inserción utilizando fueron empleados agentes humectantes (wetting resin) después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se retiraba una gota de Wetting Resin y se aplicaba sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubicaba otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.
- **Grupo 15** Donde fue colocado la resina P60 en dos incrementos cada uno de 2 mm fotopolimerizando entre ellos con lámpara SEASKY tipo LED por 20 segundos a 2 mm de distancia y colocando wetting resin como elemento considerando humectante entre capas Para la técnica de inserción utilizando agentes humectantes (wetting resin) después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se

retiraba una gota de Wetting Resin y se aplicaba sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubicaba otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.

- **Grupo 16** Donde fue colocada la resina P60 en un solo bloque de 4 mm de espesor colocando wetting resin como elemento humectante, polimerizado por 20 segundos a 2 mm de distancia Para la técnica de inserción utilizando agentes humectantes (wetting resin) después de colocar la resina en la totalidad del molde, con el uso de un aplicador se retiraba una gota de Wetting Resin y se aplicaba sobre la superficie de la resina con movimientos suaves desde un extremo al otro por diez segundos. Posteriormente se ubicaba otra matriz metálica de iguales dimensiones que la primera y se aplicaba la luz de fotopolimerización de la misma forma como en el grupo control. Para la segunda capa de resina se seguían exactamente los mismo pasos que en el grupo control.

### 3.4.3 PRUEBA DE RESISTENCIA FLEXURAL

Una vez confeccionados los cuerpos de prueba estos fueron identificados adecuadamente y fueron colocados en envases cerrados herméticamente de color oscuro y sin agua hasta ser llevados a recibir las pruebas de resistencia Flexural, (Figura, 9)

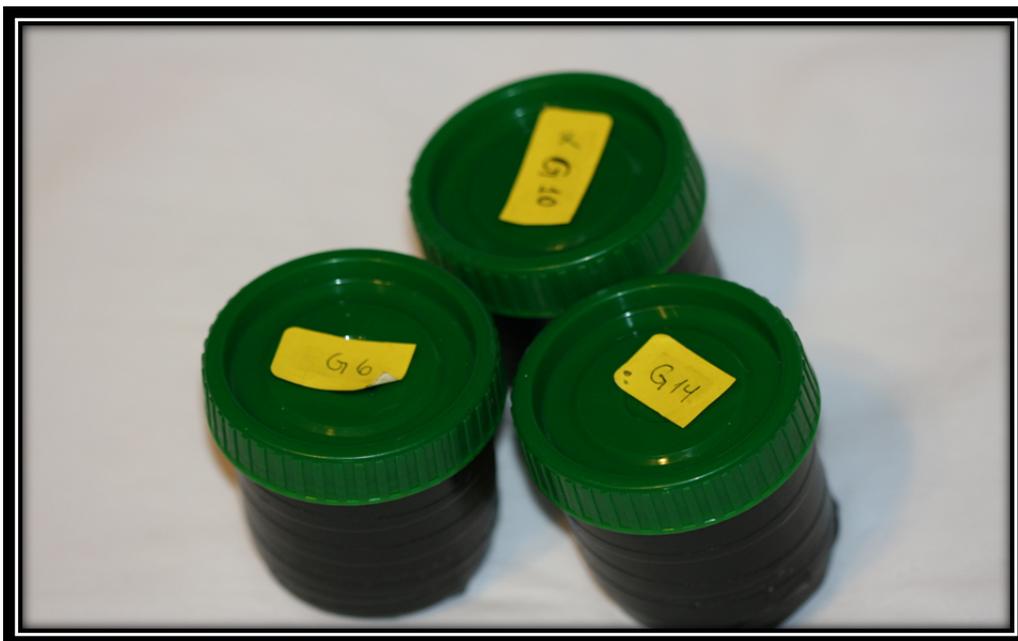


Figura No. 9 Colocación de las muestras en recipientes cerrados herméticamente oscuros(Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

Las pruebas de resistencia flexural fueron realizadas en una máquina de ensayos mecánicos (Figura, 10), en la politécnica donde fueron sometidos a una fuerza hasta que se rompan.

Previo a ser llevados a la máquina el área de cada uno de los cuerpos de prueba (Figura, 11) fue medido en su parte medio y los valores sirvieron de referencia para obtener el área y determinar exactamente cuánto de resistencia presento cada cuerpo de prueba a la fractura.

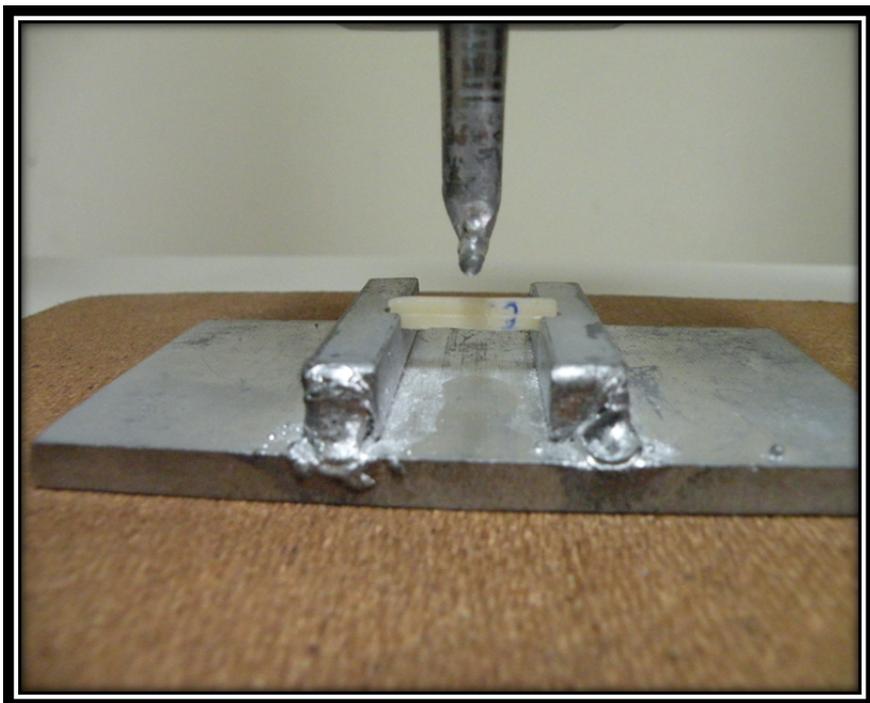


Figura No. 10 Máquina de ensayos mecánicos de la politécnica (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

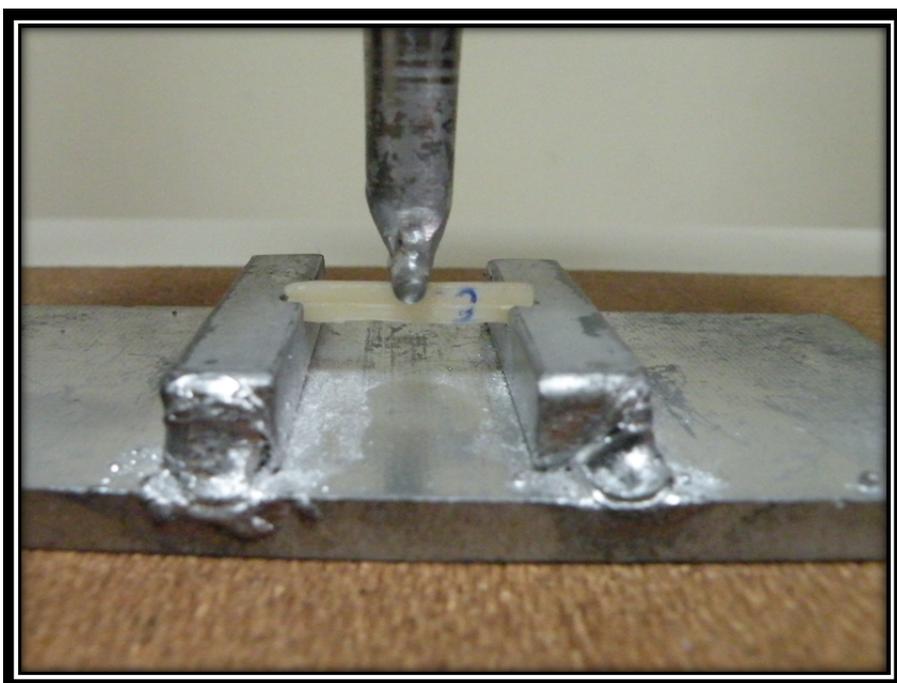


Figura No. 11 Rompimiento de la muestra en la máquina de ensayo (Fuente y Elaborador: Christel Zambrano 2013)

### **3.5 RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los datos obtenidos tras la fractura en N fueron transformados a MPA para lo cual el área de cada cuerpo de prueba obtenido previamente fue empleado

Los valores ya en MPA fueron colocados en tablas específicamente confeccionadas para el estudio en Excel y sometidos a análisis de variancia mediante programas estadístico SPSS

### **3.6 ASPECTOS ÉTICOS**

Debido a la naturaleza del estudio, in vitro experimental, no se requiere ningún tipo de carta de aprobación de ningún tipo de permiso por el comité de ética de investigación, sin embargo los cuerpos de prueba construidos y empleados en el estudio fueron desechados de la manera más adecuada en tachos de basura específica para el efecto

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el fin de comparar estadísticamente la resistencia flexural de las resinas P60 y POINT4, así como la posible relación con los protocolos de emplear dos capas de 2mm o 1 sola capa de 4 mm de tres diferentes tipos de humectantes: alcohol, adhesivo bonding o weiting resin, luego de registrar la información obtenida tras la prueba de fractura mecánica en una tabla de vaciado (tabla. 2) de datos en el programa Excel estos valores fueron llevados al programa estadístico SPSS versión XX donde se procedió a realizar los cálculos estadísticos de interés: media y error típico de cada grupo y luego a realizar la prueba de análisis de varianzas ANOVA.

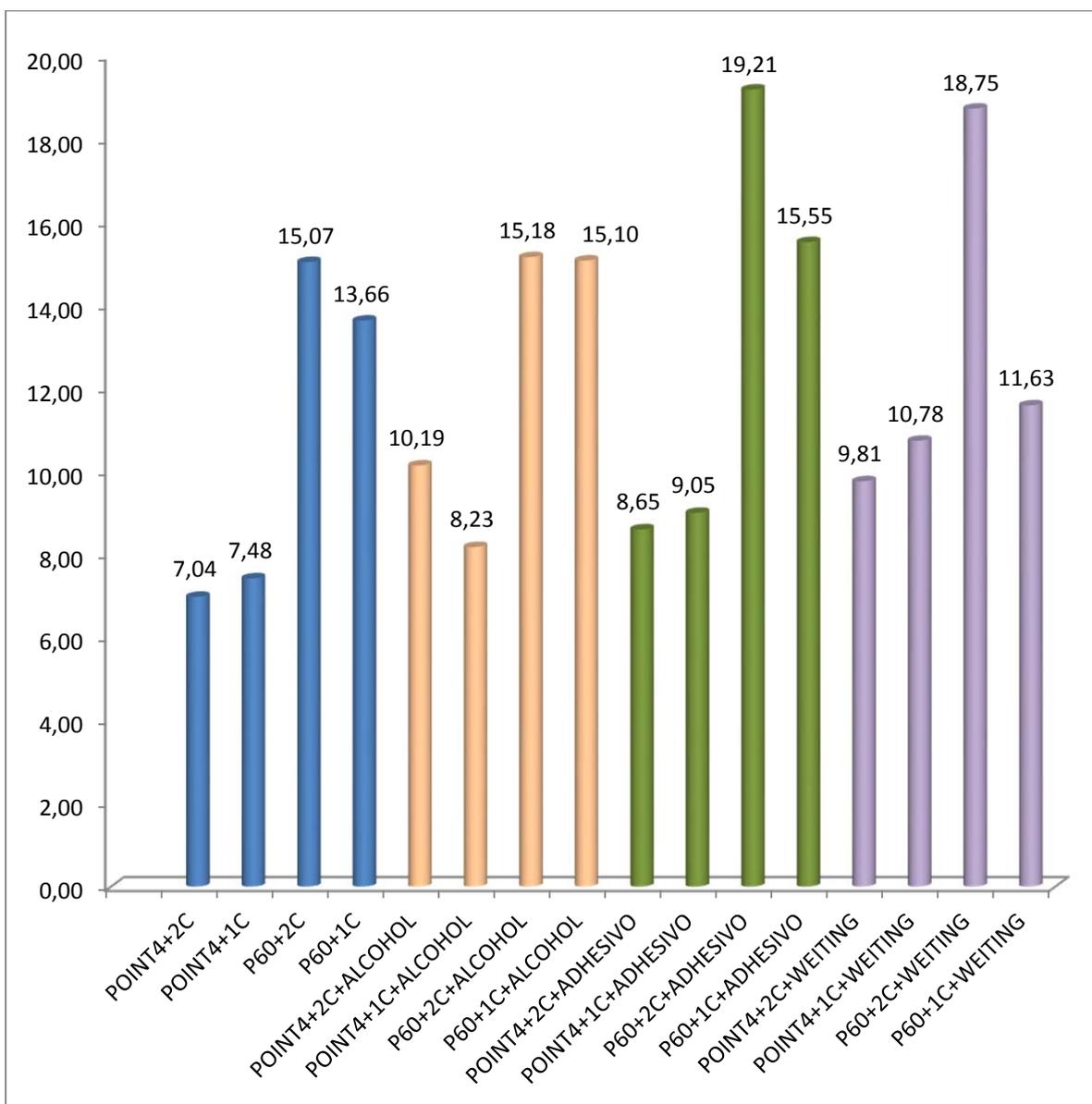
**Tabla No2: Resultados estadísticos de los grupos en estudio.**

GRUPO	Media	N	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
POINT4+2C	7,04	5	1,43787	3,0438	11,0282
POINT4+1C	7,48	5	,42708	6,2922	8,6638
P60+2C	15,07	5	2,31074	8,6524	21,4836
P60+1C	13,66	5	1,11343	10,5706	16,7534
POINT4+2C+ALCOHOL	10,19	5	1,06698	7,2236	13,1484
POINT4+1C+ALCOHOL	8,23	4	2,14654	1,3988	15,0612
P60+2C+ALCOHOL	15,18	5	,16321	14,7309	15,6371
P60+1C+ALCOHOL	15,10	5	1,79641	10,1164	20,0916
POINT4+2C+ADHESIVO	8,65	3	1,70103	1,3344	15,9723
POINT4+1C+ADHESIVO	9,05	5	2,29816	2,6693	15,4307
P60+2C+ADHESIVO	19,21	5	1,45578	15,1641	23,2479
P60+1C+ADHESIVO	15,55	5	1,93079	10,1853	20,9067
POINT4+2C+WEITING	9,81	5	1,09425	6,7699	12,8461
POINT4+1C+WEITING	10,78	5	,82180	8,4983	13,0617
P60+2C+WEITING	18,75	5	2,08442	12,9607	24,5353
P60+1C+WEITING	11,63	5	,59021	9,9893	13,2667
Total	12,35	77	,55449	11,2502	13,4589

**Fuente Y Elaboración: Christel Zambrano (2013)**

El análisis estadístico descriptivo ejecutado con los datos demuestra que algunos de los grupos fue imposible reportar la resistencia Flexural por fallas en el experimento, sin embargo este hecho no influye mayormente en el proceso investigativo (Tabla. 3)

**Tabla No. 3 Análisis descriptivo de los grupos de prueba**



Fuente Y Elaboración: Christel Zambrano (2013)

El análisis descriptivo permite detectar que existen diferencias de los valores medios obtenidos en el grupo control con los obtenidos en los tres grupos, notándose claramente la influencia positiva, del uso de adhesivos entre las capas que parece mejorar la resistencia flexural en todos los casos, así, los valores más altos se registraron para el grupo en el que se empleó el sistema adhesivo. Se nota además un aumento en la resistencia flexural para cuando se aplicaron dos capas de 2 mm a cuando se aplicó una sola.

Ante estas evidencias se desarrolló la prueba ANOVA para comparar en primer lugar la influencia del tipo de resina y la aplicación de una capa de 4 mm o de dos capas de 2mm, los resultados se presentan en la tabla 3.

**Tabla No 4: Resultados de la tabla ANOVA para el tipo de resina y aplicación de humectante**

<i>Grupos</i>	<i>Resistencia Media</i>	<i>Probabilidad</i>
POINT4+2C	7,04	0,00
POINT4+1C	7,48	
P60+2C	15,07	
P60+1C	13,66	
POINT4+2C+ALCOHOL	10,19	0,01
POINT4+1C+ALCOHOL	8,23	
P60+2C+ALCOHOL	15,18	
P60+1C+ALCOHOL	15,10	
POINT4+2C+ADHESIVO	8,65	0,00
POINT4+1C+ADHESIVO	9,05	
P60+2C+ADHESIVO	19,21	
P60+1C+ADHESIVO	15,55	
POINT4+2C+WEITING	9,81	0,00
POINT4+1C+WEITING	10,78	
P60+2C+WEITING	18,75	
P60+1C+WEITING	11,63	

**Fuente Y Elaboración: Christel Zambrano 2013**

Se observa que para cada grupo en el que se realizó ANOVA, se obtuvo un valor  $p < 0,05$ , con lo que se comprueba que el tipo de resina y el proceso de aplicación

del tratamiento si inciden en la resistencia Flexural, matemáticamente además se observa que en todos los grupos de humectante, se obtuvieron mejores resultados con la resina P60, al aplicar dos capas de 2 mm de humectante, además en términos generales siempre se obtuvieron mejores resultados con P60 vs POINT 4.

**Tabla No 5: Resultados de la tabla ANOVA para el tipo de resina y aplicación de humectante**

<i>Grupos</i>	<i>Resistencia Media</i>	<i>Probabilidad</i>
POINT4+2C	7,04	0,31
POINT4+2C+ALCOHOL	10,19	
POINT4+2C+ADHESIVO	8,65	
POINT4+2C+WEITING	9,81	
POINT4+1C	7,48	0,50
POINT4+1C+ALCOHOL	8,23	
POINT4+1C+ADHESIVO	9,05	
POINT4+1C+WEITING	10,78	
P60+2C	15,07	0,21
P60+2C+ALCOHOL	15,18	
P60+2C+ADHESIVO	19,21	
P60+2C+WEITING	18,75	
P60+1C	13,66	0,26
P60+1C+ALCOHOL	15,10	
P60+1C+ADHESIVO	15,55	
P60+1C+WEITING	11,63	

**Fuente Y Elaboración: Christel Zambrano 2013)**

Al relacionar el tipo de resina y protocolo de aplicación del humectante, no se registraron diferencias significativas, es decir al relacionar el tipo de resina con el tipo de humectante, este no modifica sustancialmente la resistencia de la resina ( $p > 0,05$ ).

Finalmente y buscando comprobar estos resultados, se realizó un ANOVA general, cuyos resultados se observan en la tabla 4.

**Tabla No6: Resultados de la prueba ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p.
Inter-grupos	1108,264	15	73,884	6,523	,000
Intra-grupos	690,972	61	11,327		
Total	1799,235	76			

**Fuente Y Elaboración:Christel Zambrano 2013)**

Donde se evidencia un  $p < 0,05$ , lo que lleva a concluir que si existen diferencias significativas en la resistencia media Flexural para los 16 grupos ensayados, estos resultados fueron complementados con la ejecución del test de Tukey, que permitió realizar un análisis por parejas para determinar cuáles grupos presentan diferencias significativas, los resultados a este respecto se muestra en la tabla 5

**Tabla No. 7 Resultados de las prueba de diferencias en resistencia media Flexural**

(I) TRATAMIENTO		Diferencia de medias (I-J)	p
POINT4+2C	P60+2C	-8,03200*	,029
	P60+2C+ALCOHOL	-8,14800*	,024
	P60+1C+ALCOHOL	-8,06800*	,027
	P60+2C+ADHESIVO	-12,17000*	,000
	P60+1C+ADHESIVO	-8,51000*	,015
	P60+2C+WEITING	-11,71200*	,000
POINT4+2C	P60+2C	-7,59000	,051
	P60+2C+ALCOHOL	-7,70600*	,044
	P60+1C+ALCOHOL	-7,62600*	,049
	P60+2C+ADHESIVO	-11,72800*	,000

	P60+1C+ADHESIVO	-8,06800*	,027
	P60+2C+WEITING	-	,000
		11,27000*	
P60+2C	POINT4+2C	8,03200*	,029
	POINT4+1C	7,59000	,051
POINT4+2C+ALCOHOL	P60+2C+ADHESIVO	-9,02000*	,007
	P60+2C+WEITING	-8,56200*	,014
POINT4+1C+ALCOHOL	P60+2C+ADHESIVO	-	,001
		10,97600*	
	P60+2C+WEITING	-	,002
		10,51800*	
P60+2C+ALCOHOL	POINT4+2C	8,14800*	,024
	POINT4+1C	7,70600*	,044
P60+1C+ALCOHOL	POINT4+2C	8,06800*	,027
	POINT4+1C	7,62600*	,049
POINT4+1C+ALCOHOL	P60+2C+ADHESIVO	-	,006
		10,55267*	
	P60+2C+WEITING	-	,011
		10,09467*	
POINT4+1C+ADHESIVO	P60+2C+ADHESIVO	-	,001
		10,15600*	
	P60+1C+ADHESIVO	-6,49600	,179
	P60+2C+WEITING	-9,69800*	,002
P60+2C+ADHESIVO	POINT4+2C	12,17000*	,000
	POINT4+1C	11,72800*	,000
	POINT4+2C+ALCOHOL	9,02000*	,007
	POINT4+1C+ALCOHOL	10,97600*	,001
	POINT4+2C+ADHESIVO	10,55267*	,006
	POINT4+1C+ADHESIVO	10,15600*	,001
	POINT4+2C+WEITING	9,39800*	,004
	POINT4+1C+WEITING	8,42600*	,017
	P60+1C+WEITING	7,57800	,052

Fuente Y Elaboración:Christel Zambrano 2013)

Donde se observa que definitivamente el mejor resultado se obtuvo con la resina P60, al aplicar dos capas de 2 mm de humectante adhesivo bonding, aun cuando se evidencia ausencia de diferencias significativas de que cuando se aplica una sola capa de resina o cuando se emplea cualquier tipo de humectante entre las capas.

## 5. DISCUSIÓN

El uso de resinas restauradoras es cada vez más frecuente en nuestro medio, los materiales que comúnmente eran empleados para restauraciones directas hoy en día son una excelente alternativa para el uso indirecto. De ahí que en este estudio las resinas Point 4 y P60 fueron seleccionadas para ser evaluadas en cuanto a su desenvolvimiento como materiales de uso indirecto.

Según la indicación de los fabricantes de este tipo de resinas estas pueden ser empleadas en procesos restaurativos indirectos, sin embargo durante la manipulación de estos materiales generalmente optamos por colocar agentes considerados humectantes que facilitan su manipulación y empleo, de ahí que se justifica la evaluación del agente wetting resin específicamente recomendado para estas funciones, los agentes adhesivos y el alcohol por considerar a este ultimo como un elemento que merece ser probado y evaluado por su costo bajo y su relativa facilidad de encontrarlo en el medio odontológico

Siguiendo estos mismos criterios se pretendió evaluar en este estudio la repercusión que ejerce la colocación de capas incrementales de 2 mm de espesor de resina compuesta o de una sola de 4 mm, todos estos incrementos polimerizados mediante un mismo tipo de lámpara Led polimerizadora, la literatura refiere que las pruebas de resistencia flexural son un adecuado mecanismo para evaluar las repercusiones que las lámparas de polimerización o los procesos en la elaboración de los cilindros de resina influenciaran en la

resistencia de los materiales resinosos, trabajos como el de Fares , Nagem , Pacheco , Coutinho y Nagem en el 2005, Orteriro en el, 2006 ,Andrade en el 2009 Santa Cruz en el 2011 y Castillo en el 2011 donde revelan cómo es posible mediante pruebas de resistencia flexural evaluar el comportamiento de diferentes marcas de resina.

Si bien existe materiales resinosos laboratoriales adecuados específicos para la ejecución de restauraciones indirectas que soporten cargas oclusales fuertes del tipo incrustaciones, de manera frecuente en el medio odontológico existe la tendencia de emplear resinas microparticuladas con alto contenido de carga como las resinas evaluadas en este estudio para este propósito, existen sin embargo ciertos requerimientos establecidos por las normas ISO4049 de resistencia Flexural que debieron ser cumplidas en este estudio como el diámetro de los cuerpos de prueba o espesor de los mismos, al cumplir estas creemos haber reproducido las condiciones sugeridas por los fabricantes acercándonos a una realidad clínica.

Las pruebas in vitro del tipo experimental como estas sin embargo siempre presentaran limitaciones pues las condiciones bucales no se consiguen fácilmente ser reproducidas, en el medio bucal la saliva el pH de esta y la misma presencia de placa y los microorganismos interfieren de forma frecuentemente negativa en el desempeño de los materiales resinosos adhesivos

Nuestros resultados mostraron que la resina P60 fue superior a la Point 4 posiblemente este hecho se explicaría por la composición altamente inorgánica de esta resina que le hace ser considerada condensable pese a poseer un tamaño de partícula semejante a la Point 4. La colocación de los diferentes humectantes sin embargo entre las capas no permitió una mejora en cuanto a la resistencia flexural,, resultados que coinciden con los reportados por Castillo en el 2011, quien detecto que la aplicación de agentes humectantes del tipo Wetting disminuyeron la resistencia flexural y como según lo reporto el mencionado autor los valores mejoraron cuando colocado una capa de sistema adhesivo propio de la resina evaluada por el autor, resultados estos que coinciden con los nuestros donde la resina P60 obtuvo los mayores valores de resistencia flexural cuando colocado entre sus capas una capa de resina adhesiva de su propia casa.

Fares , Nagem , Pacheco , Coutinho y Nagem en el 2005,refieren tras evaluar tres diferentes resinas compuestas con matriz orgánica diferente y diferente componente inorgánico mediante pruebas de Resistencia flexural, que la composición de cada resina, tipo de carga e incluso porcentaje de partícula fue el factor determinante para encontrar diferencias tras las pruebas ejecutadas, lo que podría explicar nuestros resultados donde el porcentaje y composición de las resinas evaluadas en nuestro estudio definitivamente influencio en los resultados obtenidos.

Orteriro en el, 2006 refiere que tras evaluar cuerpos de prueba constituidos en espesores de milímetros con diferentes resinas fue evidente una asociación entre la presencia de refuerzo de fibra de vidrio en la resina y un aumento en la resistencia flexural, lo que explicaría también nuestros resultados pues ambas resinas presentaron un comportamiento similar observándose que su colocación en bloques de espesor superior a 2 mm no favorece las propiedades de las resinas afirmación que está debidamente confirmada por literatura especializada (Lanata 2006) quedando confirmado la necesidad de respetar las indicaciones del fabricante sobre el grosor y cuidados durante la inserción de la resina, por la imposibilidad misma del elemento fotopolimerizador de producir una correcta conversión de los monómeros a polímeros.

Santa Cruz en el 2011, tras analizar la resina z350 fotopolimerizada con lámparas Led aplicadas en secuencia de rampa o intermitencia de luz mediante pruebas de resistencia flexural refieren haber observado ausencia de diferencia estadísticamente significativa entre los grupos evaluados, afirmando la necesidad de realizar estudios semejantes al por nosotros ejecutado donde resinas con refuerzos de fibras del tipo P60 fueran empleadas, según la autora la composición de este tipo de resina con seguridad puede verse alterada con las modificaciones en cuanto intensidad de luz o mismo la colocación de algún elemento que ayude con su inserción. Pese a estas afirmaciones nuestros resultados nos indican que si bien P60 posee características superiores no son diferentes estadísticamente significantes sin embargo que su empleo si exige un criterio cuidadoso

especialmente en la inserción pues al ser altamente viscosa y por tanto considerada acomodada o condensable existe durante su inserción alta posibilidad de dejar espacios entre las capas que debilitarían de no ser bien colocada la resina al conjunto todo y por tanto provocarían bajos valores de resistencia flexural.

Posiblemente al ser la resina adhesiva un material hidrófobo, cuando colocado entre capas no siempre consigue mejorar las propiedades de las capas de resina compuesta colocada y por lo contrario provoca una degradación de ellas, ahora bien esto se presente con más énfasis cuando empleadas resinas compuestas y sistemas adhesivos de marcas diferentes, pese a lo mencionado nuestros resultados tanto ANOVA como el test de Tuckey realizado mostraron que los valores de la resina P60 mejoraron cuando colocado sistema adhesivo posiblemente los cuidados mantenidos por el operador en cuanto a la colocación de este material entre capas fue el responsable de los excelentes resultados, aparentemente una capa ligera no provocaría ningún efecto negativo sobre las capas de resina y por el contrario cuando empleado de la misma marca resina compuesta y sistema adhesivo los resultados son buenos

El hecho de usar alcohol fue mas bien por un deseo de búsqueda de experimentación, los resultados encontrados demostraron que su uso resulta perjudicial sin embargo se hace necesario mayores estudios al respecto, pues cierta literatura especialmente indicaciones de manejo de materiales de restauración o instrumentos empleados en su manipulación recomiendan la limpieza de ellos a través de sustancias del tipo alcohol, por lo que nos permitimos afirmar que se hacen necesario otros estudios al respecto donde posiblemente sea el instrumento de inserción el que sea embebido en la sustancia alcohol evaluada y no su colocación entre capas de resina.

Nuestros resultados también demostraron que definitivamente la colocación de la resina precisa ser ejecutada de forma incremental, los resultados evidencian mayores valores de resistencia flexural cuando colocada las capas de resina en incrementos de 2 mm aparentemente en este espesor se consigue una

conversión adecuada y completa de los monómeros resinosos componentes de las resinas compuestas, posiblemente si los cuerpos de prueba ejecutados en este estudio hubieran sido sometidos a un proceso de polimerización complementaria con lámparas específicas para este proceso o procesos de termo canalización (cocción) como recomendado por Garonoe Filho en el 2006 la colocación de incrementos mayores a 2 milímetros es decir 4 milímetros no hubieran permitido discrepancia en los resultados de ahí que resulta adecuado recomendar frente a la necesidad de emplear resinas del tipo microhíbridadas con refuerzo inorgánico en alto porcentaje cuando empleadas de forma directa sean colocados incrementos de resina compuesta no mayores a 2mm y siempre considerando que colores oscuros difícilmente consiguen sufrir una conversión completa de sus monómeros a polímeros.

## 6. CONCLUSIONES

En las condiciones y con las limitaciones que se realizó el presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- La aplicación del sistema adhesivo como agente humectante mejora la resistencia flexural, de manera más evidente con la resina P60 (3M ESPE)
- La incorporación de los tres tipos de humectantes entre capas de resina compuesta Point 4 (Kerr) provoca disminución en su resistencia flexural
- La aplicación de resina compuesta en incrementos de 2 mm por capa de cualquiera de las dos resinas evaluadas permite mejores valores de resistencia adhesiva que cuando colocados incrementos mayores

## 7. RECOMENDACIONES

- Mayores estudios se hacen necesarios evaluando diferentes alternativas de agentes humectantes que faciliten la manipulación de las resinas compuestas, sin embargo sería interesante plantearse su colocación no sobre las superficies de las capas de resina como evaluada en este estudio sino sobre los instrumentos o dispositivos empleados en esta acción.
- Los resultados reportados en este estudio coinciden con los recomendado por los fabricantes que en especial frente al empleo de resinas con elevada cantidad de carga inorgánica se hace necesario e imprescindible su colocación y polimerización en capas de espesura pequeña como máximo 2 mm., de ahí que la lectura de las recomendaciones del fabricante siempre será necesaria incluso antes de iniciar con el manejo de cualquier producto en especial resinoso.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade D. *Evaluación de la resistencia flexural de la resina Filtek P60, sometida a polimerización a través de diferentes lámparas de fotocurado*. Mayo, 2009.
2. Ariño P. Adhesivos Dentales del Nuevo Milenio: “*La Membrana Adhesiva*”. *Industria y Profesionales* N° 110. Septiembre 2000. Ciencia. Disponible en [www.gacetadental.com](http://www.gacetadental.com).
3. Al-Ehaideb A., Mohammed H. “*Microleakage of one bottle Dentín Adhesives*”. *Op. Dent* 2001. 26: 172-175.

4. Barkmeier W., Hammesfahr P., Latta M. *Bond Strength of Composite to Enamel and Dentón Using Prime & Bond 2.1*. Oper. Dent. 24(1):51-56. 1999.
5. Barrancos M. *Operatoria Dental* Cap. 17,19,21,22. 3º Edición. Editorial Médica Panamericana. Argentina, 1999. Págs. 567-578, 609-634, 657-690. 1176.
6. Bicacho S, Fleming GJ. Evaluation of the flexural strength of 3 composites with the use of adhesive systems between layers. *Dent Mater J* 2005 Aug;35(8):643-50.
7. Bouschlicher MR, Ruiggeberg FA, Boyer DB. *Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite*. J Esthet Dent. (2000); 12: 23-32.
8. Bouschlicher MR, Ruiggeberg FA. *Effect of ramped intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite*. J Esthet Dent. (2000); 12(6): 328-39.
9. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. *Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review*. Dent Mater. (2005); 21: 962-70.
- 10.Chain MC, Baratieri LN. *Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores*, 2001
- 11.Castillo A. *Evaluación de la Resistencia flexural de la resina compuesta amelogen plus (Ultradent), con el uso o no de materiales resinosos entre capas de resinas*. Diciembre, 2011.

12. Della Bona A, Anusavice KJ, DeHoff PH. *Weibull analysis and flexural strength of hot-pressed core and veneered ceramic structures*. Dent Mater. 2003;19(7):662-9.
13. Davidenko N, Garcia R, Sastre R. *Composites dentales: efecto de la interfase y de otros factores sobre su durabilidad*", en Revista de Plásticos Modernos 2001, 81(535): 54-63,
14. Ehrlich MPR. *Análisis comparativo in vitro del grado de microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas usando seis adhesivos de diferentes marcas comerciales, con y sin evaporar sus solventes*. 2005
15. Fares N H, Nagem Filho H, Pacheco IB, Coutinho KQ, Nagem DH. *Flexural strength and static modular elasticity of composite resin* Rev. De Clín. Pesq. Odontol., v.2, n.1, ju./set. 2005.
16. Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. *Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standarts*. J Am Dent Assoc, Chicago, v. 133, n. 4, p. 429-434, Apr., 2002
17. Feng L, Suh BI. *A mechanism on why slower polymerization of a dental composite produces lower contraction stress*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. (2006); 78: 63-9.
18. Frankenberger R., Perdigo J., Rosa B. T., Lopes M. "No-bottle v/s Multi-bottle dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study". Dental Materials 2001. 17:373-380.
19. Gomes Filho Eb; Menezes Filho Pf; Silva Chv; Sinhoreti Mac. *Evaluation of the hardness knoop of composite resin in function of the variation of the*

*technique of complementary polymerization.* Acta Odontológica Venezolana - VOLUMEN 46 N° 1 / 2008 ISSN: 0001-6365 - www.actaodontologica.com

20. Henostroza GH. *Estética en odontología restauradora* Primera edición, 2006 Koran, P.; Kurschner, R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion and degree of polymerization. *J Am Dent*, v. 10, n. 1, p. 17-22, 1998.
21. Leinfelder, K. F. *What intensity is the best in light curing?* JADA, Chicago, v. 130, p. 534, Apr., 1999.
22. Martins, F. et al. *Microdureza de resinas em função da cor e luz halógena.* *Pesquisa Odontológica Brasileira*, v. 16, n. 3, p. 246-250, jul.-set., 2002.
23. Manual de productos (P60 Dental Products Laboratory 3M Center, Building 260-2B-13 St. Paul, MN 55144-1000)
24. Matson Meniga A, Ristic M, Sutalo J, Pichler G. Comparison of the flexural strength of Filtek Z250 (3M) and Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) with their respective adhesive systems (Single Bond II and Optibond Solo), polymerized by LED light. *J Dent*. 2005 Jul; 33(5):353-9.
25. Neo BJ, Soh MS, Teo JW, Yap AU. Effectiveness of composite cure associated with different light-curing regimes. *OperDent*. (2005); 30:671-5.
26. Niélli Caetano de Souza; Dr. Victor Grover Rene Clavijo; Dra. Brenda López Ampuero ;Dr. Alexandre Henrique Susin ; *Influencia De La Fotopolimerización Gradual En El Estrés De Contracción En Restauraciones De Resina Compuesta*; Acta Odontológica Venezolana / 2008 - VOLUMEN 46 N° 3
27. Nalcaci A, Salbas M, Ulusoy N. The effects of soft-start vs continuous-light polymerization on microleakage in Class II resin composite restorations. *J Adhes Dent*. (2005); 7: 309-14.

28. Obici AC, Sinhoretí MA, Goes MF, Consaní S, Sobrino LC. Effect of the photo - activation on polymerization shrinkage of restorative composites. *Oper Dent.* (2002); 27: 192-8.
29. Porteriro PP. *Análisis in vitro de la resistencia flexural de una resina composta directa e una resina laboratorial de sgundageracaoassociadas o nao a fibras de reforzó.* Universidade estadual de ponta grossa 2006
30. Plenum Press, NY and London, ed. Ch. G. Gebelein and F.F Kobliz, *Biomedical and Dental applications of Polymer Polymer.* Science and Technology 1981, 14 (379): 441.
31. Palin WM, Fleming GJ, Marquis PM. The reliability of standardized flexure strength testing procedures for a light-activated resin-based composite. *Dent Mater.* 2005;21(10):911
32. Peutzfeldt, A. Resinas composites in dentistry: the monomer systems. *Eur. J. Oral Sci.*, v.105, p.97-116, 1997.
33. Rodrigues Junior SA, Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF. *Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites.* *Odontologia estética El estado del arte*, Eduardo Miyashita, Antonio Salazar Fonseca 2005
34. RODRIGUEZ G. Douglas R.; PEREIRA S. Natalie A. VOLUMEN 46 N° 3 / 2008 *Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas.* Disponibles en la web <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/evoluciontendenciasresinascompuestas.asp>

35. Santa Cruz Y. *Resistencia flexural de una resina de nanopartículas utilizando dos técnicas de polimerización con luz emitida por diodos*. Lima Perú en el 2011
36. Swift E., Perdigão J., Heymann H. *Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art*, *Quintessence International* 1995;26 (2): 95-110.
37. Sinhoretí, M. A. C. *Influência de métodos de fotoativação e da resina de baixa viscosidade sobre a resistência de união metal-compósito*. 2001. 101f. Tese (Livre Docência em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba.
38. Toledano M, Osorio R, Sanchez F, Osorio E. *Resinas compuestas o composites In: Arte y ciencia de los materiales Odontológicos*. Capítulo 7. 2009; pg. 124 – 157
39. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ, Carpenter J. "Field-Emission scanning electron Microscopy of resin-Dentin Interface Morphology of seven Dentin Adhesive Systems". *J Adhesive Dent* 2000. 2(4): 259-269.
40. Van Meerbeek B., Perdigão J., Lambrechts P, Vanherle G. "The Clinical performance of adhesives". *J. Dent* 1998. 26 (1): 1-20.
41. Veranes Y.; Ramirez G.; Krael R.; Martín J.M. *Estudio aerosilspenat D 10 como relleno de preparaciones de resinas compuestas*. *Revista cubana de química*. Disponible en : <http://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/cq/article/viewFile/1944/1497>, 2003
42. Yap AUJ, Soh MS, Siow KS. Post-Gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization. *Oper Dent*. (2002); 27: 81-7.

43. Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF, Chung SM, Yap AUJ, Chandra SP, Lim CT. *Flexural strength of dental composite restoratives: comparison of biaxial and three-point bending test.* J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2004;71(2):278-83