



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**INFLUENCIA DEL POSTCURADO HIDRÁULICO EN  
LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNA RESINA  
COMPUESTA.**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

**P R E S E N T A:**

**MÓNICA TORRES DE LA PAZ**

**TUTOR: Esp. JAIME ALBERTO GONZÁLEZ OREA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

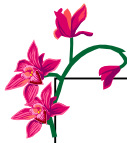
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



#### DOY GRACIAS A DIOS

Porque no soltó mi mano, por haberme levantado más fuerte aun, después de cada caída.



#### A MIS PADRES

ADELA DE LA PAZ RUEDA  
EVARISTO TORRES NAJERA

Porque han sido mi guía y ejemplo, por su apoyo en todo momento y por su gran amor.  
Este logro es mío y es de ustedes.

GRACIAS



#### A MIS HERMANAS Y HERMANO

Porque me demostraron que puedo contar con ustedes, por el apoyo durante toda mi carrera, por darme la oportunidad de compartir con ustedes mis alegrías y mis tristezas.



#### A MI HIJO

Por ser mi luz, mi fuerza y mi motivo, porque tú eres la personita más importante en mi vida, porque con solo ver tus ojitos sé que todo es posible.



#### A MI ESPOSO

Porque más que eso, fuiste un amigo. Gracias por estar conmigo, por ayudarme a solucionar problemas, por tu apoyo y tu amor.



A MI TUTOR

ESP. JAIME ALBERTO GONZÁLEZ OREA

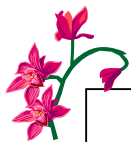
Por compartir conmigo sus conocimientos, por la  
paciencia, por todas sus aportaciones a este trabajo, por  
sus consejos y por su amistad.



AL PERSONAL DEL LABORATORIO  
DE MATERIALES DENTALES

EN ESPECIAL:  
DOCTOR JORGE GUERRERO IBARRA  
DOCTORA TERESA BAEZA KINGTON

Por su colaboración, compañerismo y  
ayuda.



A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

Por todo lo que dejó en mí, por que los  
conocimientos y las experiencias obtenidas  
irán conmigo de aquí en adelante. Porque  
gracias a esta institución hoy soy una  
profesionista.

# ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
	CAPITULO 1. Antecedentes	9
	CAPITULO 2. Polimerización	20
	2.1 Conceptos	20
	2.1.1 Polímero	20
	2.1.2 Polimerización	20
	2.2 Reacciones de polimerización	20
	2.2.1 Polimerización por adición	20
	2.2.2 Polimerización por condensación	20
	CAPITULO 3. Lámparas de luz emitida por diodos (L.E.D)	24
	CAPITULO 4. Presión hidráulica	26
	4.1 Historia	26
	4.2 Concepto	27
	4.3 Ley de Pascal	28
	4.4 Prensa hidráulica	29
	4.5 Ventajas y desventajas	31
	4.6 Aplicaciones	31

<b>III.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>34</b>
<b>IV.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>35</b>
<b>V.</b>	<b>OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS</b>	<b>36</b>
<b>VI.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>37</b>
<b>VII.</b>	<b>MATERIAL Y METODOLOGÍA</b>	<b>38</b>
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>IX.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>52</b>
<b>X.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>XI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>54</b>



## I. INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas que produce un desequilibrio en el balance fisiológico y armónico de la cavidad bucal es la **caries**, de tal manera que cuando los pacientes acuden al consultorio dental para atender esa enfermedad, el resultado final es restaurar esas piezas con materiales como la amalgama, metales o aleaciones, resinas o cerámica.

Al final de ese tratamiento dental o rehabilitación de esa pieza dentaria el paciente termina decidiendo que es lo que desea, ya que en la actualidad actitudes egocéntricas, apariencia estética, copia de imágenes publicitarias, recomendaciones del amigo etc., hacen que no acepte la opinión del profesional; si no más bien del amigo, revistas o anuncios comerciales.

La posición económica juega un papel importante para la odontología estética, ya que para realizar este tipo de restauraciones se requiere de una inversión alta en insumos y materiales.

La evolución de los materiales estéticos plásticos ha sido constante, tanto que en el consultorio pueden realizarse **restauraciones indirectas**, ya que, los fabricantes en el afán de superar a la amalgama han mejorado su comportamiento en base a rellenos, foto iniciadores, formas de polimerizar etc., con tal de introducir sus productos hablan de cualidades semejantes y hasta superiores al de las amalgamas.



Si la odontología actual está siendo llevada a llamarse **ODONTOLOGÍA ESTÉTICA O COSMETOLOGÍA DENTAL**, pues llevémosla a todas las clases sociales y demos una rehabilitación de calidad aplicando ciencia, tecnología, ética y profesionalismo a toda la población que lo solicite. El actual momento de la odontología estética es bastante interesante y desafiante, ya que las alternativas de los materiales y técnicas restauradoras evolucionaron significativamente en los últimos años.

En el presente trabajo, en la búsqueda de que los materiales estéticos (resinas o composites) cumplan con funciones de resistencia a la masticación durabilidad, que no cambien de color, que sean estéticas, etc., y posean el mejor comportamiento en el ambiente bucal, se tratará de demostrar que las resinas **post-polimerizadas con presión hidráulica**, muestren mejores cualidades interiores y exteriores para soportar los ambientes agresivos de la boca.

Como no existe un material de obturación, restauración, cementación o protésico que cumpla con cualidades ideales en la tríada función, anatomía y estética, con el presente estudio trataremos de alcanzar esta tríada de cualidades con resinas post-polimerizadas en el consultorio.

El estudio pretende demostrar que post-polimerizando estos materiales con la ayuda de **presión hidráulica** mejoraremos cualidades físicas importantes siguiendo la metodología marcada por la **I.S.O**





---

**4049:1988** que aplica a materiales a base de resina autopolimerizable, quimiofotopolimerizable y fotopolimerizables.



## MARCO TEORICO

### CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Con la finalidad de tener alternativas y opciones en la restauración de dientes, buscar materiales que tuvieran semejanza con los tejidos dentarios y que soportarán la agresividad del medio bucal; en 1962 el Dr. Ralph Bowen introduce, en reemplazo del metacrilato de metilo, un monómero de alto peso molecular llamado: dimetacrilato glicidilico de BISFENOL-A; la cual posee una contracción menor de polimerización.<sup>1</sup>

A este nuevo metacrilato (BISGMA) se le agregaron partículas de relleno inorgánicos y un agente de unión, enlace ó acoplamiento; para así obtener una resina compuesta o composite que hasta la fecha así se le conoce, presentando tres fases:

- 1.- Fase continúa (matriz orgánica: BISGMA).
- 2.- Fase dispersa (partículas de relleno: sílice, cuarzo, etc.).
- 3.- Agente de unión entre ambas fases (silano).

No es finalidad de esté trabajo recopilar avances tecnológicos de este material restaurador, sino mas bien mejorar cualidades físicas importantes a través de la post-polimerización bajo presión hidráulica.



Por lo que se muestra en el siguiente cuadro la evolución de las resinas compuestas. (Cuadro 1).

	CONVENCIONAL	M I C R O R R E L L E N O			
	MACRORRELENO	MICRORRELENO	MACRORRELENO	HIBRIDAS	NANORRELENO
<b>PARTICULAS</b>	>10 μ	0.04μ	1μ --- 5 μ	0.04 - < 5μ	0.02 a 0.075μ
<b>REACCIÓN POLIMÉRICA</b>	AUTOPOLIMERIZABLE FOTOCURABLE (UV)	AUTOPOLIMERIZABLE FOTOCURABLE	AUTOPOLIMERIZABLE FOTOCURABLE	AUTOPOLIMERIZABLE FOTOCURABLE	AUTOPOLIMERIZABLE FOTOPOLIMERIZABLE
<b>RESISTENCIA COMPRESIVA</b>	GRAN RESISTENCIA A LA FRACTURA +++++	MEJOR RESISTENCIA A LA FRACTURA ++	RESISTENCIA A LA FRACTURA ++	RESISTENCIA A LA FRACTURA +++	RESISTENCIA A LA FRACTURA +++
<b>CALIDAD DE SUPERFICIE</b>	NO PULIBLE	SUPERPULIBLE	SUPERPULIBLE	PULIBLE	SUPERPULIBLE
<b>ESTABILIDAD DE COLOR</b>	CAMBIO DE COLOR	ESTABILIDAD DE COLOR (FOTO)	ESTABILIDAD DE COLOR (FOTO)	ESTABILIDAD DE COLOR (FOTO)	ESTABILIDAD DE COLOR (FOTO)
<b>DESGASTE</b>	SI DESGASTE	NO DESGASTE	NO DESGASTE	NO DESGASTE	NO DESGASTE
<b>APLICACIÓN CLÍNICA</b>	GRANDES CAVIDADES	CAVIDADES CLASE III Y V	CAVIDADES DE CLASE IV	CLASE IV	CLASES I, II, III, IV Y V
<b>C.E.T.L.</b>	+	+++	+++	++	+++

CUADRO 1. Sinopsis de resinas compuestas. <sup>1</sup>



En 1974 Foster y Water introducen resinas basadas en Dimetacrilato de uretano (UDMA); muchas de las resinas utilizadas hoy en día son basadas en este tipo de matriz de resina por que tienen gran estabilidad de color y mejor polimerización por luz, además de una mínima contracción de polimerización.<sup>1</sup>

Queriendo aprovechar la versatilidad de la resina compuesta y la comodidad en su manejo, se comenzaron a realizar restauraciones indirectas (polimerización fuera de boca). Este tipo de restauraciones requiere un tiempo de trabajo minucioso, desde la toma de impresiones, obtener modelos de trabajo, dados individuales, etc.; siendo una de las grandes ventajas a través de esta técnica el darle una anatomía perfecta, un sellado aceptable, la polimerización a través de luz (halógeno o LED), poder realizar un post-polimerizado y mejorar cualidades.<sup>2</sup>

Los composites fotopolimerizables para restauraciones indirectas han sido utilizados como un material estético alternativo para restauraciones simples, dentaduras parciales, y prótesis implanto soportadas. La primera generación de composites para la restauración indirecta fue introducido en el mercado dental en la década de los 80's pero mostraron baja eficacia y mal desempeño clínico.

Deficiente unión a la matriz orgánica y el relleno inorgánico fue el principal problema que condujo a una resistencia al desgaste insatisfactoria, alta incidencia de fractura y microfiltración. Los esfuerzos por resolver estos problemas incluían el aumento de relleno y la modificación del sistema de polimerización.



El uso de diferentes métodos de polimerización dieron como resultado variaciones en las propiedades mecánicas, por ejemplo, la aplicación de calor adicional para la polimerización incrementaron la tasa de conversión de los monómeros, lo que se reflejó en la mejora de la dureza de la superficie, mayor resistencia a la compresión y más resistencia a la flexión.

Sin embargo, existen estudios independientes y estandarizados sobre las propiedades físicas y el rendimiento clínico de los composites para restauraciones indirectas. El Dr. Michael Espinoza Klymus y Cols., mencionan que los compuestos polimerizados a altas temperaturas tienen mejor comportamiento a la dureza, un módulo elástico alto que los polimerizados por luz; y que sin embargo fracasa por adoptar un comportamiento más rígido, muestran fractura en la mayor parte del material y sería conveniente tener un seguimiento clínico.

El Dr. Espinoza tiene el propósito de comparar los siguientes puntos de resistencia a la flexión, compresión, módulos de elasticidad y los patrones de fractura para cuatro composites indirectos polimerizables con diferentes métodos:

1. Luz – Solidex (Shofu) y Artglass (Heraeus Kulzer).
2. Luz y Calor –Targis (Ivoclar).
3. Luz, Calor y Presión – BelleGlass (Kerrlab).



Los especímenes de Solidex fueron sometidos a polimerización adicional en el sistema Solidilite (Shofu, California, USA) a una longitud de onda de 420-480 nm y a una temperatura de 55°C por 3 min.

Los especímenes de Artglass fueron colocados dentro de la unidad de luz estroboscópica Unix (Heraus-Kulzer, Alemania) por 180 seg. Los especímenes de BelleGlass fueron tratados en la lámpara de polimerización (KerrLab Corporation, USA) bajo una presión de nitrógeno de 60 psi a 140°C por 20 min.

Los especímenes de Targis fueron cubiertos con un gel de glicerina (Targis gel) para prevenir la formación de la capa de oxígeno inhibida y fue colocado en la lámpara de polimerización Targis Power (Ivoclar Vivadent, Suiza) con el siguiente ciclo: emisión de luz en los primeros 10 min, con un incremento de temperatura de 95°C por 10 seg y un enfriamiento por 5 min. Después de esto el espécimen fue enjuagado en agua y secado con aire a presión. Todos los especímenes fueron almacenados en tubos de plástico protectores de luz con agua destilada a 37°C durante una semana.

Obteniendo como resultados a la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, módulos de elasticidad y patrones de fractura mostrados en la tabla 1 Targis y BelleGlass tienen módulos de elasticidad altos y mayor resistencia flexural, mientras que Artglass y Solidex, tienen poca resistencia a la compresión.<sup>2</sup>

Grupo (n=10)	Resistencia a la flexión (MPa)		Resistencia a la Compresión (MPa)		Módulos de Elasticidad (GPa)		Patrones de Fractura (%)	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Completa	Parcial
	Solidex	76.95	14.86	206.70	34.91	15.61	2.91	100%
Artglass	94.76	13.51	224.00	17.40	14.03	3.32	100%	
belleGlass	132.48	22.19	163.02	18.42	21.55	2.23		100%
Targis	111.23	17.02	163.39	32.04	19.48	3.45		100%

TABLA 1: Resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y módulos de elasticidad de las pruebas de los composites indirectos.<sup>2</sup>

Las restauraciones indirectas, han sido desde hace muchos años una alternativa a las obturaciones realizadas sobre el propio paciente o técnicas directas. En el 2001 el Dr. L. Suñol Periu menciona que las técnicas indirectas se consideran tratamientos de mejor fiabilidad, desde el punto de vista estético como funcional, pero que con materiales plásticos sigue manteniendo un cierto grado de contracción que influye en el ajuste marginal y sus cualidades físicas no aumentan.<sup>3</sup>

Edmundo Julio Lanata, menciona que los composites acompañados con una unidad de polimerización que combina como medio de activación fuentes que generan luz, calor y presión o luz y calor para polimerizar las restauraciones aumentan propiedades físicas.<sup>4</sup>



Una de las principales propiedades físicas es la sorción acuosa la cual es un fenómeno en el que están presentes la adsorción y absorción. La Dra. Ester Luminosa Soberanes de la Fuente en el año del 2003 analizó la sorción acuosa de tres resinas (híbrida, microhíbrida y nanorrelleno), colocando las muestras en 2 gr de desecador a una temperatura de 37 °C durante 24 hrs. Se cambió el desecador y se colocó a una temperatura de 23 + 1°C por una hora posteriormente se pesaron en una balanza analítica y se sumergieron en agua destilada a 37°C por 7 días se secaron y se pesaron nuevamente, obteniendo como resultados en resina microhíbrida 8.4 ug/ml<sup>3</sup>, seguido de la resina de nanorrelleno con 10.64 ug/ml<sup>3</sup>, y por último la resina híbrida con 17.81 ug/ml<sup>3</sup>.<sup>5</sup>

Los métodos de segundo curado van desde una simple aplicación de luz con lámpara convencional, hasta la utilización de cámaras de alta presión y temperatura. En el 2004 el Dr. Alejandro Bertoldi Hepburn describe diferentes técnicas de post-polimerización en la cual destacan las lámparas de foto activación halógenas convencionales con la variante de quitar la guía de luz, así quedará un espacio cuyo fondo es el filtro, muy próximo al bulbo de halógeno. La incrustación se posará sobre un espejo y será cubierta por la lámpara sobre la guía de luz. El espejo refleja y hace incidir aún más esa luz. Se combinan así la luz y la acción del calor sobre la incrustación. El tiempo de acción de esa luz/calor no debería ser menor de 10 minutos.<sup>6</sup>

Las restauraciones indirectas, por presentar una fase realizada fuera de la cavidad bucal, llevaron a algunos autores a tratar de mejorar la





polimerización a través de la foto activación complementada asociada o no al calor, o por el tratamiento térmico, donde el calor puede ser aplicado en unidades generadoras de los propios fabricantes de los sistemas de resinas compuestas, hornos específicos, convencionales y de microondas, o en otras fuentes, como agua en ebullición. La finalidad de estos procedimientos sería mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas, tornándolas más resistentes a fuerzas oclusales y masticatorias. En el año 2005, la Dra. Natalia Fernández F. y Cols., evaluaron comparativamente la microdureza superficial Vickers de resinas híbridas con fotopolimerización a través del aumento del tiempo de exposición de luz halógena 20, 40 y 80 seg y post-polimerización en un horno de microondas por 5 minutos a 800 watts de potencia, teniendo como resultado valores de microdureza superficial de 55.3 Vickers.<sup>7</sup>

En el año 2006 el Dr. Gonçalves Mota E. y Cols, evaluaron y compararon la influencia de la polimerización adicional con calor y presión de vapor, calor y nitrógeno presurizado en la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y microdureza Vickers de una resina compuesta.<sup>8</sup>

- I. Luz halógena por 40 seg.
- II. Luz halógena por 40 seg + 120°C 2 atm 20 min.
- III. Luz halógena por 40 seg + 140°C 60 lbs en nitrógeno 10 min.

Logrando como resultado (tabla 2) que el método de polimerización adicional a 140°C bajo presión de 60 lbs. de nitrógeno a 10 min, aumentó significativamente la resistencia a la compresión, y los métodos de



polimerización sometidas a 120°C bajo presión de vapor de agua por 20 min aumentaron significativamente el módulo de elasticidad y microdureza Vickers de la resina compuesta.<sup>8</sup>

RESULTADOS						
GRUPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		MÓDULO DE ELASTICIDAD (GPa)		MICRODUREZA VICKERS (VHN)	
	PROMEDIO	DP	PROMEDIO	DP	PROMEDIO	DP
I (CONTROL)	114.25b	37.74	6.11b	0.35	47.26b	6.32
II	127.64b	33.27	8.45ba	0.30	58.63 <sup>a</sup>	13.92
III	167.97 <sup>a</sup>	40.15	11.31 <sup>a</sup>	0.47	63.69 <sup>a</sup>	8.86

Tabla 2 \*Los promedios seguidos de diferentes letras con estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).<sup>8</sup>

El Dr. Ernest Mallat Callís menciona que el grado de conversión viene a indicar el grado de polimerización de los composites de tal manera que a un mayor grado de conversión indica una polimerización más completa. El resultado es que se consiguen unas mejores propiedades mecánicas,



aunque paralelamente se acompaña de una mayor contracción de polimerización.<sup>11</sup>

La contracción de polimerización y el grado de conversión (CC) de las resinas compuestas están estrechamente relacionados con las manifestaciones de un mismo proceso. Compuestos ideales mostrarían un grado óptimo de la conversión y la conversión de polimerización mínimo.<sup>12</sup>

Estas parecen ser objetivos antagónicos, como el aumento de conversión de monómeros invariablemente conduce a altos valores de contracción de polimerización. La Dra. Magali Dewaele y Cols., tuvo como objetivo determinar con exactitud la contracción del volumen de la polimerización de resina experimental y de relacionarlo con el número de enlaces dobles de vinilo real, convirtiendo en uniones simples, como suele hacer, con el grado de conversión.

Se analizaron las diferentes mezclas de Bis-GMA/TEGDMA, la contracción de los polímeros se determinó por picnometría y el uso de una columna de densidad (DC) fue determinado por el uso de la espectrometría de Raman.<sup>12</sup>

En el 2009 se tratará de post-polimerizar a través de presión hidráulica bajo el seguimiento de la norma I.S.O 4049:1988, y bajo la supervisión de el laboratorio de Investigación de Materiales Dentales de la División de Estudios de Posgrado. Facultad de Odontología UNAM; donde



---

el objetivo será superar valores o mejorar condiciones de una resina para restauraciones indirectas.<sup>13</sup>



---

## CAPÍTULO 2. POLIMERIZACIÓN

### 2.1. CONCEPTOS

#### 2.1.1. POLÍMERO

Los polímeros, son moléculas producto de muchos monómeros en conexión y repetición, pudiendo ser el producto de un solo tipo de monómero o la mezcla de diferentes monómeros.

#### 2.1.2. POLIMERIZACIÓN

La polimerización es una reacción química en la que los monómeros, que son pequeñas moléculas con unidades estructurales repetitivas, se unen para formar una larga molécula en forma de cadena, un polímero.

### 2.2. REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN

Se pueden clasificar las reacciones de polimerización atendiendo a dos criterios:

**2.2.1. Polimerización por adición:** Una polimerización es por adición si la molécula de monómero pasa a formar parte del polímero sin pérdida de átomos.

**2.2.2. Polimerización por condensación:** Es por condensación si la molécula de monómero pierde átomos cuando pasa a



formar parte del polímero. Por lo general se pierde una molécula pequeña, como agua o HCL gaseoso.

En los sistemas de resinas compuestas, todos los monómeros contienen por lo menos un carbón de doble unión y se transforman en polímeros y copolímeros por el uso de sistemas de iniciación.

Se entiende por polimerización, a la conversión de oligómeros y monómeros a una matriz de polímeros que puede ser iniciada por diferentes medios para formar radicales libres que la inician.

Cuando dos o más monómeros diferentes son polimerizados juntos, este material es conocido como un copolímero y sus propiedades físicas no solo estarán relacionadas a los monómeros sino también a la unión entre ellos.

Todos los sistemas de resinas en su conversión de monómero a polímero, pasan al menos por cuatro etapas importantes:

- Activación.
- Iniciación.
- Propagación.
- Terminación.

El proceso de iniciación de la polimerización o la generación de radicales libres de una resina compuesta puede llevarse a cabo en siete formas diferentes:



- Calor.
- Química (autopolimerización).
- Luz UV.
- Luz visible.
- Microondas.
- Calor y presión.
- Presión hidráulica.

Una vez que los agentes inhibidores se han consumido, los radicales libres están disponibles para reaccionar con las moléculas de los monómeros, o de los oligómeros.

Cuando esta reacción sucede, un radical monómero se forma y va a reaccionar en forma continua con otras moléculas de monómeros, formando de esta manera un alargamiento en cadena de polímeros.

Conforme la polimerización continúa, las cadenas de polímeros se van formando en diferentes formas estructurales y mientras la habilidad de los radicales libres va perdiendo disponibilidad, las uniones de carbono doble reactivo van disminuyendo progresivamente.

Distintas formas de cadenas se forman, dependiendo la habilidad de cada compuesto orgánico; la molécula de Bis-GMA, forma cadenas muy rígidas y con limitada movilidad. Los diluentes más flexibles como el TEDMA tienen la posibilidad de doblarse y reaccionar, ya que la mayoría de las moléculas de Bis-GMA se han unido.



Los diluentes, reaccionan en forma tardía para propiciar las uniones en la inter e intra unión de los carbonos dobles, y de esta manera se forma una unión cruzada y la densidad de la masa resultante, aumenta.

Por lo tanto la matriz de resina resultante de la polimerización, no es una masa completamente homogénea.

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





---

## **CAPÍTULO 3. LÁMPARAS DE LUZ EMITIDA POR DIODOS (L.E.D.)**

Para lograr solucionar algunos de los problemas inherentes a las lámparas halógenas, surgen las lámparas L.E.D., vale decir, “Light Emitting Diode” o luz emitida por diodos.

Un diodo es un componente semiconductor, que se caracteriza por permitir un paso fácil de corriente en un sentido y difícil hacia el contrario.

Concretamente, el diodo conduce corriente fácilmente desde el ánodo hacia el cátodo, pero no al revés. Existen, sin embargo, otros tipos de diodos denominados Zener, que permiten el paso de corrientes eléctricas en ambos sentidos en determinadas condiciones. Para las lámparas tipo L.E.D. existe una combinación de dos semiconductores diferentes.

Los semiconductores n-doped y los p-doped (por sus siglas en inglés

n-doped es carga negativa y p-doped es carga positiva). Los semiconductores n-doped poseen un exceso de electrones mientras que los semiconductores p-doped carecen de electrones y además poseen “hoyos” en su estructura.

Cuando los dos tipos de semiconductores se combinan y se aplica un voltaje, los electrones n-doped y los “hoyos” de los elementos p-doped se conectan. Esto libera energía en forma lumínica, producto de la excitación de estos electrones.



---

Las lámparas tipo L.E.D. emiten una luz azul entre 440-490 nm., con un 22 peak de 460 nm., permitiendo activar al foto iniciador y producir la polimerización del material.

## CAPÍTULO 4. PRESIÓN HIDRÁULICA

### 4.1. HISTORIA

Aunque el desarrollo moderno de la hidráulica sea comparativamente reciente, las antiguas civilizaciones estaban familiarizadas con muchos principios hidráulicos y sus usos. Los egipcios y la población antigua de Persia, India y China transportaron el agua a lo largo de los canales para la irrigación y propósitos domésticos, usando presas y esclusas para controlar el caudal.<sup>15</sup>

Arquímedes estudio las leyes de flotación y cuerpos sumergidos.

Figura 4.

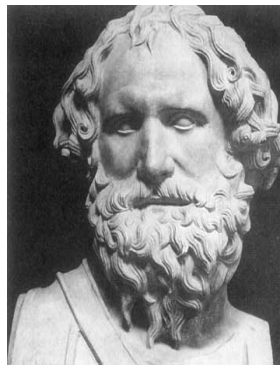


Figura 4. Arquímedes<sup>15</sup>

Después de la desintegración del mundo antiguo, hubo pocas novedades, cerca del final del siglo XVII el físico francés Edme Mariotte y posteriormente, Daniel Bernoulli condujeron experimentos para estudiar

los elementos de fuerza en la descarga del agua a través de pequeñas aberturas a los lados de los tanques.

Blaise Pascal científico francés, descubrió la ley fundamental de la ciencia hidráulica, (principio básico de la hidráulica). Figura 5.



Figura 5. Blaise Pascal<sup>15</sup>

La prensa hidráulica influenciada por el inglés John Brahmah, fue uno de los primeros realizables de maquinaria desarrolladas que utilizaron la hidráulica en su operación.

## 4.2. CONCEPTO

La palabra “hidráulica” proviene del griego “hydor” que significa agua, cubrió originalmente el estudio del agua en reposo y en movimiento. El uso ha ampliado su significado para incluir el comportamiento de todos los líquidos, aunque se refiere sobre todo al movimiento de líquidos. Hoy el término hidráulica se emplea para referirse a la transmisión, control de



fuerzas y movimientos por medio de líquidos, es decir se utilizan los líquidos para la transmisión de energía, en la mayoría de los casos se trata de aceites minerales pero también pueden emplearse otros fluidos, como líquidos sintéticos, agua o emulsión agua-aceite.

La potencia fluida es un término que fue creado para incluir la generación, control, y el uso de energía en forma continua y eficaz de fluidos bombeados o comprimidos (líquidos o gases) cuando se utiliza esta energía para proporcionar la fuerza y el movimiento a los mecanismos. Esta fuerza y movimiento puede estar en forma de empuje, tracción, rotación, regulación o conducción.

Los términos de fuerza y presión se utilizan extensivamente en el estudio de la potencia fluida. La fuerza significa un empuje o tracción total. Es el empuje o tracción ejercida contra la superficie total de una superficie particular y se expresa en libras o gramos. La presión significa la cantidad de empuje o de tracción (fuerza) aplicado a cada área de unidad de superficie y se expresa en libras por pulgada cuadrada ( $\text{lb/in}^2$ ) o gramos por el centímetro cuadrado ( $\text{gms/cm}^2$ ). La presión puede ser ejercida en una dirección, en varias direcciones o en todas las direcciones.<sup>15</sup>

#### **4.3. LEY DE PASCAL**

Si empujas una barra contra una pared puedes ejercer presión a distancia. Curiosamente puedes hacer lo mismo con un fluido. Cuando

alteras la presión en una parte de un fluido, este cambio se transmite al resto del mismo. Figura 6.

Esta regla se conoce como Principio de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662) que resume en la frase: <sup>16</sup>

*“Los cambios de presión en cualquier punto de un fluido confinado y en reposo se transmiten sin reducción alguna a todos los puntos del fluido y actúan en todas direcciones.”* <sup>16</sup>

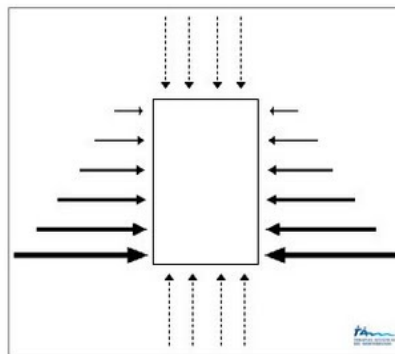


Figura 6. Representación de presión sobre fluidos. <sup>16</sup>

El principio de Pascal se emplea en las prensas hidráulicas. La prensa hidráulica no viola el principio de conservación de la energía, pues el aumento en la fuerza se compensa por la disminución de la distancia que recorre la carga. Este principio es aplicable a todos los fluidos. <sup>16</sup>

#### **4.4. PRENSA HIDRÁULICA**

La prensa hidráulica constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal y también un dispositivo que permite entender mejor su significado. <sup>17</sup>



Consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido.

Cuando sobre el émbolo de menor sección  $S_1$  se ejerce una fuerza  $F_1$  la presión  $p_1$  que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma (casi) instantánea a todo el resto del líquido. Por el principio de Pascal esta presión será igual a la presión  $p_2$  que ejerce el líquido sobre el émbolo de mayor sección  $S_2$ , es decir:

$$p_1 = p_2$$

con lo que, las fuerzas serán,  $S_1 < S_2$  :

$$F_1 = p_1 S_1 < p_1 S_2 = p_2 S_2 = F_2$$

y por tanto, la relación entre las fuerza resultante en el émbolo grande cuando se aplica una fuerza menor en el émbolo pequeño será tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre las secciones:

$$F_1 = F_2 \left( \frac{S_1}{S_2} \right)$$



## 4.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- **Ventajas:**

- Permite trabajar con elevados niveles de fuerzas.
- El líquido empleado en el sistema es fácilmente recuperable.
- Velocidad de actuación fácilmente controlable.
- Protección simple controlada.
- Cambios rápidos de sentidos.

- **Desventajas:**

- Pérdidas de cargas.
- Fluido muy sensible a la contaminación.<sup>15</sup>

## 4.6. APLICACIONES

En la actualidad las aplicaciones de la hidráulica son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad. Lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía.<sup>15</sup>

La hidráulica tiene aplicaciones en el campo de la odontología como:

- Instrumental quirúrgico.
- Mesas de operaciones.



- Instrumental y equipo odontológico etc.

Conociendo la ley de Pascal a través de un método de post-polimerizado mediante una olla de presión hidráulica que se utilizará para mejorar la microestructura y superar valores físicos en el comportamiento de materiales plásticos; de tal manera que a continuación se describe e ilustra los componentes de la máquina de presión hidráulica que se utilizara en el presente estudio. Figura 7.

Dicha máquina consiste en: Figura 7.

- Olla con tapa de acero inoxidable.
- Base de acero inoxidable.
- Nanómetro.
- Llave maneral de acero inoxidable.
- Tornillo que realiza la presión hidráulica de acero inoxidable.

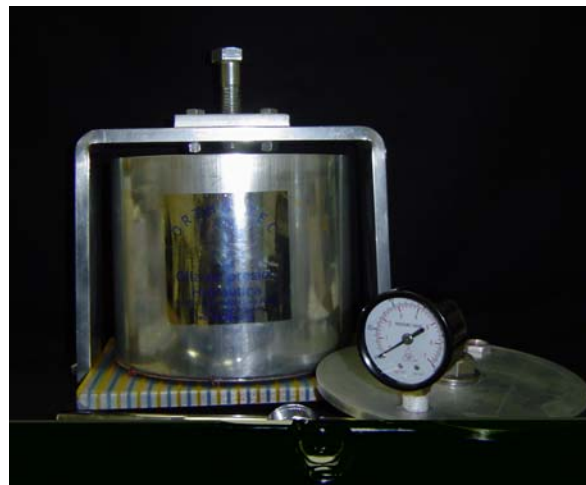


Figura 7. Componentes de la Olla de presión hidráulica



Figura 8. Olla de presión hidráulica armada.



### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo la odontología restauradora una de las actividades diarias que más realiza el cirujano dentista de práctica general, una de las acciones en la restauración es la elaboración de restauraciones indirectas a base de resinas.

Ya que estas restauraciones se realizan con material polimérico (resinas compuestas o composites) deberían ser consideradas y evaluadas para ser elegidas como material de restauración final en base a la conformación de su microestructura interna como: porosidad, densidad, dureza, tersura, textura, cambio de color, sorción acuosa, cambios dimensionales, etc.

Lo que se pretende con este estudio es valorar el efecto que el post-polimerizado con presión hidráulica tiene sobre la resistencia a la flexión de resinas compuestas.

Una vez obtenidos los resultados se decidirá a recomendar o no el sistema de **post-polimerizado** con **presión hidráulica** para la elaboración de restauraciones indirectas a base de resina.



## IV. JUSTIFICACIÓN

Cuando se pretende utilizar restauraciones indirectas a base de resinas compuestas, lo que se debe tomar en cuenta es que dicho material posea cualidades semejantes al esmalte, que posea estabilidad dimensional, que no cambie volumétricamente y que su microestructura interna sea lo más ordenada y compacta interatómicamente.

Estas mejoras no se alcanzan cuando estas restauraciones son únicamente fotopolimerizadas ya sea con luz de halógeno o lámparas de LED.

Lo que el presente estudio pretende es determinar si se pueden superar los valores de resistencia a la flexión con una post-polimerización con presión hidráulica.



---

## V. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Determinar si los valores expresados en la norma 27 de la A.D.A., para resinas compuestas en cuanto a resistencia a la flexión aumenta ante un post-polimerizado con presión hidráulica.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si los valores de resistencia a la flexión aumentan después del post-curado a 20 lb. de presión hidráulica en un tiempo de 10 min.
- Determinar si los valores de resistencia a la flexión aumentan después del post-curado a 30 lb. de presión hidráulica en un tiempo de 10 min.



---

## VI. HIPÓTESIS

### HIPÓTESIS VERDADERA

Ante el post-curado con presión hidráulica la resina compuesta SI superará valores requeridos para resistencia a la flexión en la norma 27 de la A.D.A.

### HIPÓTESIS NULA

Ante el post-curado con presión hidráulica la resina compuesta NO superará valores requeridos para resistencia a la flexión en la norma 27 de la A.D.A.



---

## VII. MATERIAL Y METODOLOGIA

### COMPOSITE

- TPH spectrum (DENSPLY) A3. Fig. 1.

### EQUIPO

- Lámpara de fotopolimerizado: LEDition de alta intensidad. Fig. 2.
- Olla de presión hidráulica. Marca Orthotech. Fig. 3.
- Máquina universal de pruebas mecánicas INSTRON, serie 5567. USA.
- Estufa de temperatura controlada FELISA, México. Fig. 4.
- Cámara fotográfica digital
- Cronometro Sper Scientific N° 810012.
- Vernier digital Mitutoyo. Fig. 5.
- Recipiente con agua capaz de mantener una temperatura de  $\pm 37^{\circ}\text{C}$ .

## EQUIPO



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5





## **INSTRUMENTAL**

- Condensador de resina.
- Grapas (broches). Fig. 6.
- Espátula de lecrón para modelar de acero inoxidable.
- Espátula para resinas teflonada.

## **MATERIAL**

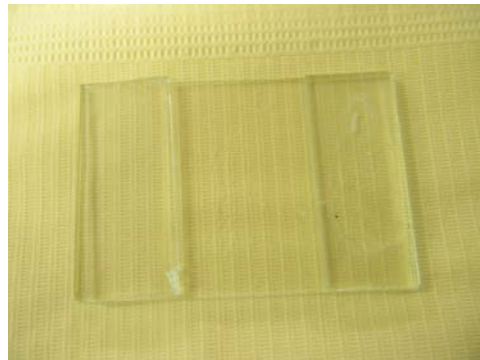
- 1 pliego de lija, 2 de grano fino N°600, N° 1000 y N° 2000 marca FANDELLI.
- Cinta Mylar.
- Guantes.
- Lentes de protección para fotopolimerizar. Fig. 7.
- Portaobjetos.
- Vidiro de 2mm de espesor. Fig. 8.
- Agua bidestilada.
- Aceite de silicón. Fig. 9.



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8.**



**Fig. 9**

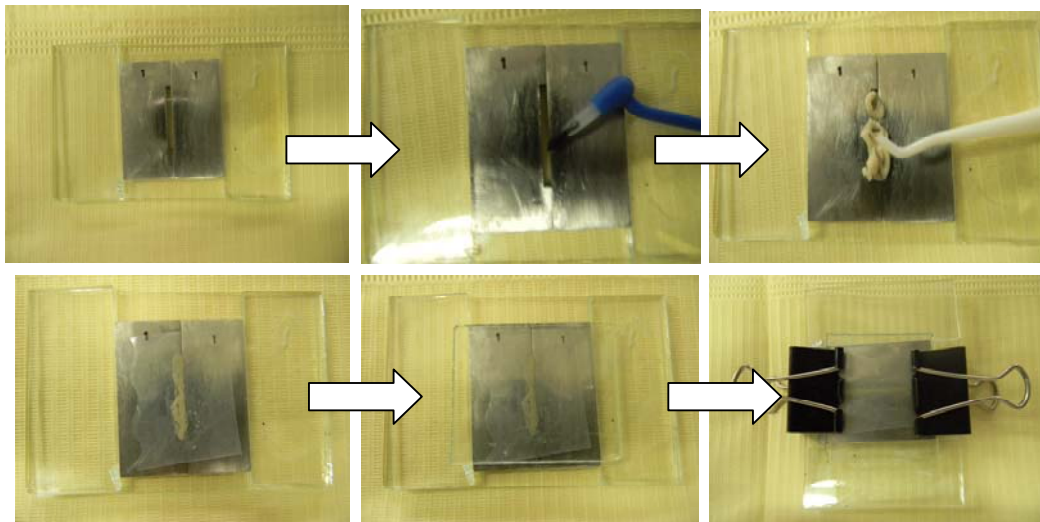
## METODOLOGÍA

La resistencia flexural de los materiales fotopolimerizables, se determinarán de acuerdo con las propiedades de flexión no deberá ser menor de el valor de  $N = (\text{módulo flexural} \times 0.0025) + 40 \text{ Mpa}$ , y en cualquier circunstancia, no menor de 50 Mpa. De acuerdo a la norma I.S.O 4049:1988.

### ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES PARA PRUEBA DE FLEXIÓN.

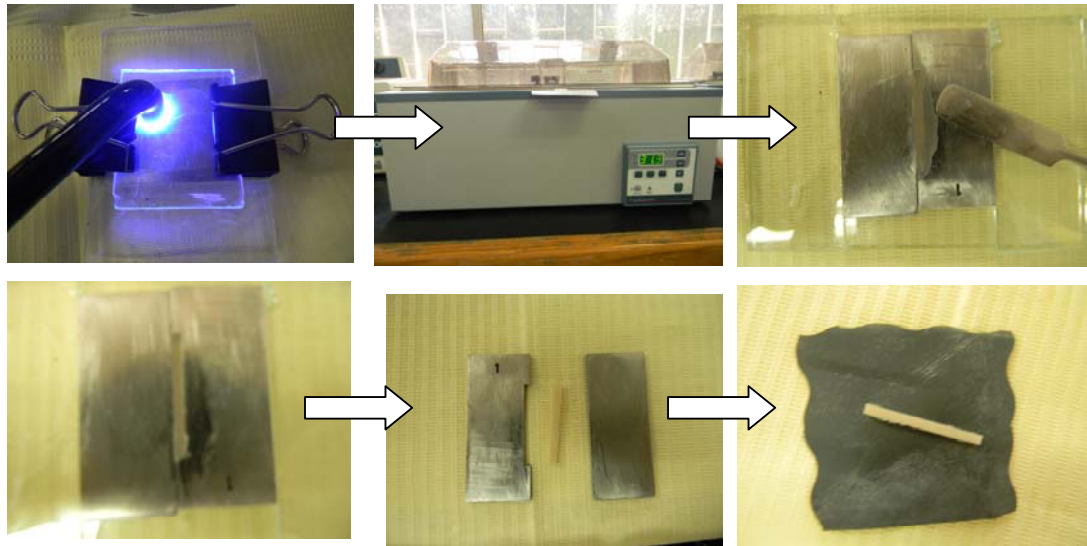
Se realizará de acuerdo a la norma I.S.O 4049:1988. Se preparará un molde, ligeramente cubierto con separador mediano, para la preparación de la muestra de prueba,  $(2.5+2)\text{mm} \times (2+0.1)\text{mm} \times (2+0.1)\text{mm}$ . Colocándolo en una de las laminillas de cristal y la segunda en la superficie del molde aplicando ligera presión con las grapas para remover excedentes. Fig. 10.

Fig. 10. Metodología.



Se colocará la ventana de salida de la lámpara de luz al centro de la muestra y contra el portaobjetos. Se irradiará la sección de la muestra por el tiempo recomendado de exposición. Mover la ventana de salida a la sección siguiente al centro saltando la sección previa e irradiar por el tiempo adecuado. Luego se irradiará la sección del otro lado del centro de la misma forma. Se continuará este procedimiento hasta que la longitud entera de la muestra haya sido radiada por el tiempo recomendado de exposición. Fig. 11.

Fig. 11 Metodología.



Se repetirá el procedimiento de irradiación del otro lado de la muestra. Inmediatamente serán llevados a presión hidráulica aplicando:

- a) 20 lbs. de presión durante 10 min,
- b) 30 lbs. de presión durante 10 min.



## PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE FLEXIÓN

Se medirán las dimensiones de la muestra a una precisión de  $\pm 0.01\text{mm}$  23 h y 45 min después de iniciada la mezcla. Transferiremos la muestra a un aparato de fuerza flexible en el equipo de prueba, mantendremos el aparato y la muestra rodeada de agua a  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  permitiendo que el espécimen se estabilice durante 10 min antes de la prueba. Veinticuatro horas después de iniciar el mezclado, aplicaremos una carga a la muestra a una velocidad de carga de  $(0.75 \pm 0.25)\text{ mm/min}$  a un promedio de carga  $(50 \pm 16)\text{ N/min}$  hasta que la muestra se fracture. Se repetirá la prueba en otras cuatro muestras.

## CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Calcularemos la fuerza de flexión, en megapascales, con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

Donde:

$F$ - máxima carga, en newtons, ejercida en la muestra;

$l$ - distancia, en milímetros, entre los soportes, con una precisión de  $\pm 0.01\text{ mm}$ ;

$b$  ancho, en milímetros, de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba;



*h*- altura, en milímetros, de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba.

## MÓDULOS DE FLEXIÓN

Calcularemos los módulos de flexión, *E* en megapascales, con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{F1_B}{4 bh^3d}$$

Donde;

*F1* carga, en newtons, en un punto conveniente de la línea recta del trazo;

NOTA: Para mayor precisión la línea recta puede extenderse.

*D* deflexión, en milímetros, a una carga *F1*;

*L*, *b* y *h* 1. *Están definidas en resistencia a la flexión.*

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Calcularemos los resultados de las cinco fuerzas de flexión.

Si cuatro o cinco de las cinco muestras están arriba de 50 Mpa, se considerará que el material ha cumplido con uno de los requerimientos de resistencia a la flexión.

Si cuatro o cinco de los resultados están debajo de 50 Mpa, se considerará que el material ha fallado absolutamente.

Sí sólo tres de los resultados son mayores de 50 Mpa, se repetirá la prueba completa. Si solo cuatro de los resultados están arriba de 50 Mpa, en la segunda ocasión, se considerará que el material ha fallado la prueba completamente.



Si cuatro o cinco especímenes de un total de cinco o, en donde fue necesario hacer una segunda serie, ocho o nueve de diez especímenes tuvieron arriba de 50 Mpa, se descartará los resultados fallidos y calcularemos la resistencia a la flexión medida, de los especímenes exitosos a tres figuras significativas.

Calcularemos el módulo de flexión megapascales, de cada uno de los especímenes exitosos y determinaremos el valor medio, E, utilizando este valor medio, calcularemos el valor de N, en megapascales, utilizando la siguiente fórmula;

$$N = (E \times 0.0025) + 40$$



## VIII. RESULTADOS

### Grupo control

MUESTRA	Tensión Fluencia	
	Carga máxima (MPa)	Modulo de flexión (MPa)
1	65.825	11060 MIN
2	95.600	9574
3	136.441	12500
4	96.567	11540
5	110.570	11540
6	94.786	7617
7	86.270	10370
8	116.624	10930
9	118.799	11170
10	140.175	11480 MAX





## RESULTADOS

### GRUPO EXPERIMENTAL UNO

MUESTRA	Tensión Fluencia	
	Carga máxima (MPa)	Modulo de flexión (MPa)
1	110.266	12150
2	151.338	12000
3	96.512	12300
4	124.581	10390
5	80.631	11550 MIN
6	152.166	11570 MAX
7	129.521	11660
8	151.559	11180
9	140.906	10810
10	132.631	11930



## RESULTADOS

### GRUPO EXPERIMENTAL DOS

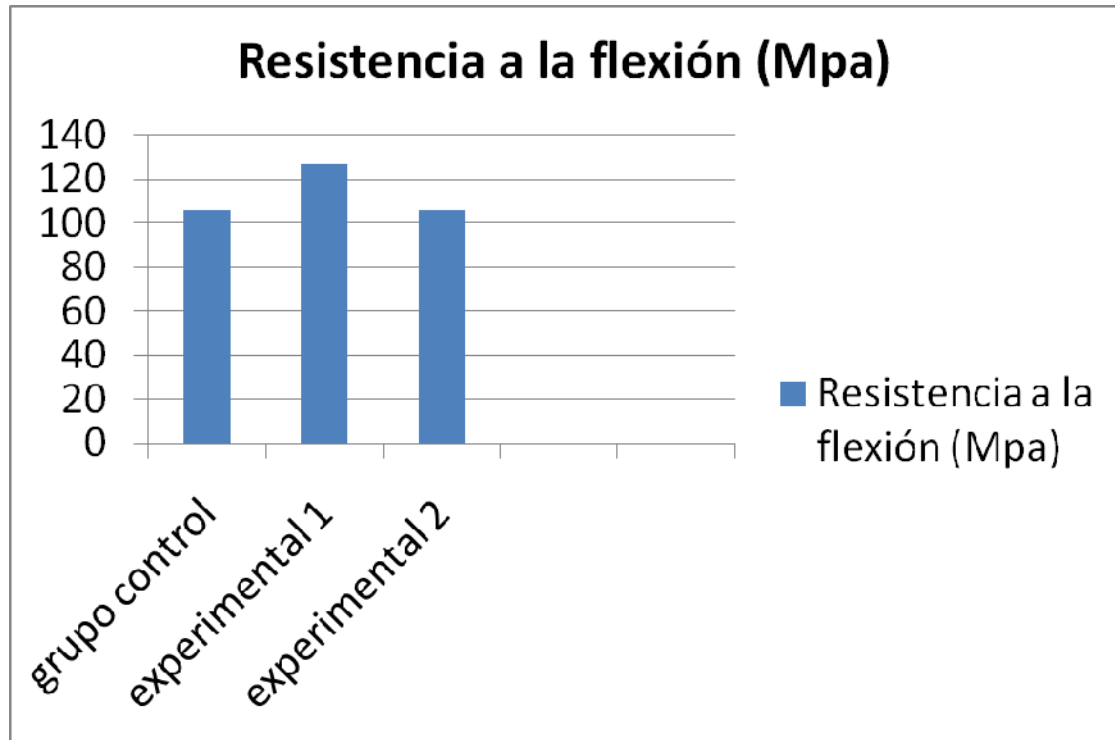
MUESTRA	Tensión Fluencia	
	Carga máxima (MPa)	Modulo de flexión (MPa)
1	102.813	7692
2	120.488	11080
3	134.329	11940 MAX
4	115.033	11300
5	117.160	12690
6	108.800	11070
7	93.423	10840
8	122.277	10510
9	96.398	11180
10	46.046	8523 MIN

### Tablas de resultados

GRUPO	MEDIA	MEDIA
	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MÓDULO DE FLEXIÓN
<b>Control</b>	<b>106.166</b>	<b>10780</b>
<b>Experimental 1</b>	<b>127.011</b>	<b>11550</b>
<b>Experimental 2</b>	<b>105.777</b>	<b>10680</b>

GRUPO	MEDIANA	MEDIANA
	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MÓDULO DE FLEXIÓN
<b>Control</b>	<b>103.568</b>	<b>11110</b>
<b>Experimental 1</b>	<b>131.076</b>	<b>11610</b>
<b>Experimental 2</b>	<b>111.916</b>	<b>11070</b>

En los cuadros podemos observar que en el grupo dos si aumentan los valores pero también el módulo de flexión.



En el grupo experimental uno se observaron valores significativamente superiores a los del grupo control.

En el grupo experimental dos se observan valores iguales a los del grupo control.



---

## IX. DISCUSIÓN

De acuerdo con el Dr. Michael Espinoza Klymus en su artículo "Influence of the mechanical properties of composites for indirect dental restprations on pattern failure", un módulo elástico alto fracasa por adoptar un comportamiento más rígido, ya que con esta característica los polímeros muestran fractura.



## X. CONCLUSIONES

De acuerdo a los valores estadísticos obtenidos y a los valores arrojados en la prueba de post-polimerizado con presión hidráulica podemos concluir:

1. Que con la post-polimerización con presión hidráulica a 20 libras de presión, durante diez minutos, si aumenta la resistencia a la flexión en las resinas TPH spectrum (Densply).
2. Sin embargo este mismo procedimiento pero a 30 libras de presión en un tiempo igual de diez minutos, ya no mejora la resistencia a la flexión.
3. Por lo tanto se puede asegurar que la resistencia a la flexión aumenta, en este tipo de resinas, solo a 20 libras de presión durante diez minutos.
4. Se debe tener en cuenta que al aumentar la resistencia a la flexión, también aumenta el modulo de flexión, por lo que la resina presentara mayor rigidez y con esto mayor probabilidad de fractura.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Anusavice K. “La ciencia de los materiales dentales, de Phillips”. 10° ed. Ciudad de México. Editorial McGraw-Hill Interamericana editores, S.A. de C.V. 1998.
2. Espinosa Klymus M. et. al. “Influence of the mechanical properties of composites for indirect dental restorations on pattern failure”. Scientific Articles. Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal, 2007; 9(2):56-60.
3. L. Suñol Periu. “Restauraciones indirectas. Resultados clínicos. Ideas y Trabajos Odontoestomatológicos”. 2001; 2(2):112-114.
4. Lanata Edmundo J. “Operatoria dental estética y adhesión”. Grupo guía S.A. Editorial grupo guía.com.ar. pp. 185-190.
5. Luminosa S. Ester. “Sorción acuosa de tres resinas compuestas”. 2003.
6. Bertoldi H. A. “Incrustaciones de resina compuesta. Consideraciones generales”. Revista Asociación Odontológica Argentina. 2004; 92(3):253-264.
7. Fernández F. Natalia. et. al. “Análisis comparativo de la microdureza superficial de dos resinas compuestas sometidas a complementación de polimerización”. 2005; 3(1).



8. Gonçalves M. E. et. al. “Influencia de la polimerización adicional en las propiedades de una resinaOrmocer”. Avances en Odontoestomatología 2006; 22(5):271-277.
9. Wedad Y. Awlya et. al. “the influence of temperature on the Efficacy of polymerization of Composite Resin”. The Journal of Contemporary Dental Practice. 2007; 8(6):1-7.
10. Edevilson B. Gomes. “Evaluation of the hardness knoop of composite resin in function of the variation of the technique of complementary polymerization”. 2008; 46(1).
11. Ernest Mallat. C. “Grado de conversion de los composites: Qué es, qué importancia tiene y qué factores influyen en él”. Pp.1-6.
12. Dewaele M, et. al. “Contraction in dental resins and a decrease in conversion”. Dent Mater, Epub.22(4):359-365.
13. International Standard Organization I.S.O 4049:1998. Odontología, Resinas con materials de relleno.
14. Barceló F. Palma J. “Materiales Dentales, Conocimientos Básicos aplicados”. Editorial Trillas. España 2002.
15. [www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica.htm).
16. Paul. G. Hewitt. “Física Conceptual”. 3ra ed. Editorial Addison Wesley. 1999.
17. [http://es.wikipedia.org/wiki/Prensa\\_hidr%C3%A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/Prensa_hidr%C3%A1ulica).