



# **Universidad Autónoma del Estado de México**

**Facultad de Odontología**

**Rugosidad de tres resinas acrílicas autocurables: estudio comparativo**

**T e s i s**

Para obtener el título de

**Técnico Superior Universitario en Prótesis Bucodental**

Presenta

**P.T.S.U.P.B.D Francisco Javier Rojas Macedo**

Director de tesis

**Dra. en O. Rosalía Contreras Bulnes**

Revisores de tesis

**Dra. en C.S. Laura Emma Rodríguez Vilchis**

**Dra. en C.S. Blanca Irma Flores Ferreyra**

Toluca, Estado de México, febrero 2022

**FO**

**Facultad de Odontología**

# ÍNDICE

| <b>Contenido</b>                                        | <b>Página</b> |
|---------------------------------------------------------|---------------|
| Resumen                                                 |               |
| I. Marco teórico                                        | 1             |
| 1. Historia y contexto de las profesiones odontológicas | 1             |
| 2. Fundamentos de los materiales dentales               | 5             |
| 2.1 Clasificación                                       | 6             |
| 2.2 Propiedades de los materiales dentales              | 6             |
| 3. Resinas acrílicas en Odontología                     | 11            |
| 3.1 Clasificación                                       | 13            |
| 3.2 Composición                                         | 13            |
| 3.3 Requisitos                                          | 14            |
| 3.4 Indicaciones o usos                                 | 16            |
| 3.5 Ventajas                                            | 17            |
| 3.6 Desventajas                                         | 17            |
| II. Antecedentes                                        | 18            |
| III. Planteamiento del problema                         | 20            |
| IV. Justificación                                       | 22            |
| V. Hipótesis                                            | 23            |
| VI. Objetivos                                           | 24            |
| VII. Marco metodológico                                 | 25            |
| VIII. Implicaciones bioéticas                           | 31            |
| IX. Análisis estadístico                                | 32            |
| X. Resultados                                           | 33            |
| XI. Conclusiones                                        | 34            |
| XII. Referencias bibliográficas                         | 35            |
| XIII. Anexos                                            | 41            |

## RESUMEN

**Introducción:** Las resinas acrílicas autopolimerizables son materiales dentales de amplio uso en odontología, con propiedades suficientes y características apropiadas a utilizarse específicamente en las especialidades de ortodoncia y odontopediatría. Sin embargo, los fabricantes de resinas acrílicas autopolimerizables no proporcionan datos respecto a la rugosidad superficial, la cual es un factor determinante en el confort del paciente e influye en el pulido de la superficie y por lo tanto en la acumulación de biofilm. **Objetivo:** Comparar la rugosidad de 3 resinas acrílicas autopolimerizables de uso Odontológico, bajo diferentes condiciones de polimerización. **Metodología:** Estudio comparativo *in vitro*, con una muestra por conveniencia de 180 bloques de 5 x 2 mm con una n=30 por cada material (NicTone, Arias y Orthocryl), grupos G\_NT, G\_AS y G\_DT, respectivamente; con subgrupos acorde a las condiciones de polimerización: al medio ambiente (P\_MA) y polimerización bajo presión y temperatura (P\_PT). La rugosidad de los materiales se midió con un rugosímetro (Surface Roughness Tester SJ-310, Mitutoyo, Tokio, Japan), específicamente parámetros Ra y Rz (longitud de 0.5 mm, módulo de medición de 0.08 mm, velocidad de 0.25 mm/s y un filtro de Gauss), expresándose los valores en  $\mu\text{m}$ .

En la presente investigación se contemplaron los principios éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64a Asamblea General de octubre de 2013), así como a Ley General de Salud en materia de investigación, considerándose sin riesgo debido a que no se intervino en pacientes y el material empleado ha sido aprobado por las instancias correspondientes en cada país de procedencia.

Para el análisis estadístico se empleó el paquete SPSS versión 25 (SPSS IBM, New York, NY, USA). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para estimar la distribución de los datos. Así mismo para establecer las diferencias entre los diferentes materiales y técnicas de polimerización, se empleó U Mann-Whitney con una  $p \leq 0.05$ .

**Resultados:** Existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre grupos, así como en cada grupo según la condición de polimerización empleada

**Conclusiones:** Todas las resinas autopolimerizables evaluadas cumplieron con los valores mínimos ideales de rugosidad superficial, independientemente de la técnica de polimerización empleada, presentándose diferencias, acorde a los productos empleados y condiciones de polimerización.

## **I. MARCO TEÓRICO**

### **1. Historia y contexto de las profesiones odontológicas**

Se piensa que la Odontología como rama de la medicina inició aproximadamente en el año 3000 A.C. Fue después del 2500 A.C., cuando los fenicios utilizaban bandas y alambres de oro. Posteriormente, alrededor del año 700 A.C., los etruscos hacían tallados en marfil o hueso para elaborar prótesis parciales, las cuales se ajustaban a los dientes por medio de bandas o alambres de oro. En México, los Mayas y más tarde los Aztecas, utilizaban incrustaciones de oro repujado, de piedra o minerales con fines estéticos o como ornamento tradicional. Desde la antigüedad hasta el siglo XVIII, las cavidades dentales han sido restauradas o reemplazadas por diversos materiales, entre ellos trozos de piedra, marfil, dientes humanos, resinas de trementina, corcho, goma, tela y láminas de metal.<sup>1</sup>

Pierre Fauchard (1678-1761), reconocido médico francés considerado como el padre de la Odontología moderna,<sup>1,2</sup> investigó, recopiló y sintetizó los principales conocimientos sobre odontología del momento. A diferencia de la mayoría de dentistas del siglo XVII, que se limitaban a la extracción de piezas dentales, Fauchard se centró en la prevención, corrección y tratamiento de las enfermedades bucales. Fue pionero en el área de las prótesis dentales, ideando formas para reemplazar los dientes perdidos (con materiales como hueso y marfil); y también en el tratamiento de las caries con arreglos a base de pastas. Incluso introdujo el concepto de los aparatos dentales (los brackets de ahora), pensados para corregir la posición de los dientes. Estos estaban hechos de oro y se sujetaban con seda o hilos de lino. Fue hasta 1728, cuando inicia la Odontología, con la publicación de Fauchard de un tratado sobre los distintos tipos de restauraciones dentales, el cual incluía un método para la construcción de prótesis hechas de marfil.<sup>2</sup>

En 1816, Taveau desarrolló en Francia lo que es posible sea la primera amalgama dental, para su elaboración utilizó monedas de plata mezcladas con mercurio. En 1833, los hermanos Crawcour, quienes emigraron de Francia a Estados Unidos,

introdujeron las obturaciones de amalgama de Taveau. En 1895, Black propuso la realización de preparaciones cavitarias estandarizadas, así como procesos manufacturados con el fin de crear productos para amalgamas dentales. Si bien en 1746, Mouton desarrolló las coronas de oro, estas fueron patentadas por Beers hasta 1873. En 1885, Logan patentó la porcelana adherida a un perno de platino, sustituyendo de esta forma los de madera, y fue en el año 1907 cuando se introdujo la corona separada del perno, con un ajuste mucho más sencillo. En 1756, Pfaff desarrolló un método para la toma de impresiones orales con cera, a partir de las cuales fabricaba un modelo de yeso de París. En 1774, Duchateau, farmacéutico francés y de Chemant, dentista, diseñaron conjuntamente el proceso de creación de prótesis de porcelana dura. A principios del siglo XIX se introdujeron las incrustaciones de porcelana, mientras que a mediados del siglo XX la adhesión de la porcelana a los metales se convirtió en coronas de metal cerámica.<sup>1</sup>

En el transcurso del tiempo la profesión Odontológica ha tenido una dinámica social desarrollando un sin número de funciones, hasta llegar a la situación actual en donde la investigación y el servicio son una prioridad. Los atributos de la profesión tienen inmersos valores humanos como el respeto, sabiduría, trabajo social y responsabilidad, hablese de en donde el área social constituye un órgano rector del desempeño de la profesión. Ofreciendo la experiencia un valor invaluable el enfoque social en donde las limitantes económicas sobrepasan las necesidades de la población, sin embargo, la Odontología ha tenido que replantearse en diferentes niveles de atención para hacer de la prevención un abordaje inicial, la comunicación debe ser clara para que la interrelación humana se dé y permita que todas las acciones se realicen sin cortapisas. La práctica profesional ha logrado sumergirse en un mar de antecedentes, la Odontología conduce a un imponente escenario histórico del mundo y cómo desde el pasado, abarcando la época glacial y prehistórica, hasta el presente este campo lleva un largo camino recorrido, sin embargo, aún falta mucho para decir que la Odontología ha llegado a su punto más alto de desarrollo.<sup>3</sup>

De la mano de esta profesión, existe el trabajo en conjunto con el protesista dental, como de forma común ha sido nombrado al profesional sanitario encargado de diseñar, elaborar, fabricar y adaptar las distintas prótesis dentales existentes, así como los aparatos de ortodoncia removible, las férulas dentales, las cubetas de impresión individuales y otros. Del mismo modo que elabora, también se encargará de reparar lo anteriormente citado en caso de rotura o desgaste por el paso del tiempo. Estos profesionistas deben relacionarse cuando por el caso específico de un paciente, el odontólogo determina la necesidad de colocarle una prótesis dental o un producto sanitario elaborado a la propia medida del paciente.

La actividad del protésico se trata de una actividad más antigua de lo que podemos creer. Por evidencias arqueológicas en las que se descubrieron varias prótesis dentales etruscas, se cree que debieron existir homólogos a los protésicos actuales ya en los siglos VI y IV a. C. También tras excavaciones arqueológicas realizadas en la necrópolis romana de Viale della Serenísima, que data del siglo I, se entiende que existieron artesanos que fabricaban dientes artificiales ya en la Antigua Roma.<sup>4</sup>

Aunque es una profesión muy antigua, en México y otros países no se cuenta con una buena regulación de la misma, a diferencia de España, donde fue regulada en 1986 con la promulgación de la Ley 10/1986, de 17 de marzo, sobre Odontólogos, Protésicos e Higienistas dentales y por el Real Decreto 1594/1994, en el que se desarrollan algunos aspectos relacionados con la citada ley.<sup>5</sup>

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015, para la prevención y control de enfermedades bucales, en el apartado 5.5 de las disposiciones generales, menciona que los mecánicos o técnicos dentales, protésicos y ortopedia, deben limitar su trabajo a las instrucciones y solicitudes del estomatólogo, sin que puedan ejecutar de manera autónoma e independiente ningún tipo de procedimiento clínico.<sup>6</sup>

Es así que el campo de acción del protesista o técnico dental es el diseño, preparación, elaboración, fabricación y reparación de prótesis dentales, utilizando diversos materiales dentales (productos de casas comerciales), así como técnicas

y/o procedimientos que han sido establecidos, siempre siguiendo las indicaciones y prescripciones del Cirujano Dentista o Estomatólogo.

## **2. Fundamentos de los materiales dentales**

Puede aceptarse que "materiales dentales" es la materia o las materias empleadas para ejercer una profesión relativa a los dientes, es decir, para ejercer la odontología. También se emplea la expresión "biomateriales dentales" con la misma finalidad. Se parte para ello de la concepción de "biomaterial" como material utilizado en relación con un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud. Surge de estas consideraciones que los materiales dentales son materia y, por consiguiente, para conocerlos, estudiarlos y utilizarlos correctamente se hace necesario partir del conocimiento y estudio de qué es "materia"; que es todo aquello que tiene masa y, por lo tanto, ocupa un lugar en el espacio. También en ellos se describe como materia no continua, formada por partículas que guardan cierta relación entre sí. Cuando esa relación es estable, en el sentido de que cada una de esas partículas mantiene una posición definida con respecto a las que la rodean, la materia se presenta en estado sólido. Cuando esa relación es menos estable y no hay ubicación definida con respecto a las vecinas, se observa la materia en estado líquido, y cuando entre esas partículas no hay tendencia a relacionarse, agruparse o unirse, sino a rechazarse, se está frente al estado gaseoso.<sup>7</sup> Los materiales dentales en la mayoría de los casos son compuestos resultantes de la unión de varios átomos, poseen características diferentes, mismas que se tratarán de aprovechar para su aplicación tanto en la práctica clínica, como en el laboratorio dental, por lo cual, es de suma importancia conocer su naturaleza mecánica, así como su comportamiento en las diferentes condiciones a las cuales van a estar expuestos.<sup>8</sup>

Los materiales dentales son también conocidos como "biomateriales dentales", se consideran como aquellos utilizados en un medio biológico o en una profesión vinculada con las ciencias de la salud.<sup>1</sup> Se emplean directamente en el organismo, con la finalidad de sustituir, modificar o corregir la función del órgano a ser tratado.<sup>7</sup>

Para un manejo adecuado de los materiales dentales, es necesario y muy importante, conocer cuáles son sus propiedades, pues de ello dependerá el uso, indicaciones, ventajas y desventajas que presentan.

## **2.1 Clasificación**

En función del tipo de materia o átomos que los constituyen, los materiales pueden clasificarse en: metálicos, cerámicos, orgánico y combinados. Los materiales de restauración son todos los componentes sintéticos que se pueden utilizar para reparar o restituir la estructura dental,<sup>1</sup> de acuerdo a su composición se clasifican en:

- Cerámicos: Como el yeso, revestimientos, porcelana, ionómero de vidrio, óxido de zinc o hidróxido de calcio.
- Metálicos: Aleaciones coladas y forjadas y la amalgama de plata.
- Orgánicos: Resina acrílica, materiales de impresión y ceras.
- Materiales compuestos: Como las resinas compuestas.<sup>9</sup>

## **2.2 Propiedades de los materiales dentales**

Las características o cualidades de los materiales, se denominan propiedades, el estudio de estas analiza el cómo el material reacciona o se comporta ante diversos agentes o circunstancias. Por otra parte, establecer cuáles son las propiedades mínimas que debe tener un material para ser útil permite elaborar lo que se denominan normas y especificaciones, las cuales facilitan la distinción entre productos aceptables y no aceptables. Las normas son formuladas por organismos nacionales e internacionales para varios materiales dentales como listas de requisitos exigibles, los que a su vez son valores para determinadas propiedades físicas (y mecánicas) y químicas. Esas mismas normas establecen también las técnicas que deben emplearse para estudiar esas propiedades con el fin de obtener resultados comparables en cualquier laboratorio. Obsérvese que así es posible, estudiando las propiedades de los materiales, anticipar si un determinado producto

va a ser útil o no y si puede esperarse que con él se obtengan resultados superiores a los que se logran con otros materiales ya conocidos o no. Se puede obviar así, el ensayo de muchos materiales directamente en la cavidad bucal, lo que representa una inversión considerable de tiempo y recursos. Esto no quiere decir que no deba estudiarse en pacientes el comportamiento real de los materiales. Por lo contrario, este tipo de investigación clínica representa el paso final para la evaluación de la utilidad de un material, pero, sin duda, sólo será conveniente llegar a esta etapa con aquellos que en el laboratorio hayan demostrado tener posibilidades de éxito.<sup>10</sup>

### *Propiedades físicas y mecánicas*

Es de suma importancia conocer el origen de los materiales que utilizamos hoy en día en la práctica odontológica para así entender su composición, acción, evolución y funcionamiento. Las propiedades físicas tienen como fundamento las leyes de la mecánica, la acústica, la óptica, la termodinámica, la electricidad, el magnetismo, la radiación, la estructura atómica o fenómenos nucleares; tienen que ver con la naturaleza intrínseca de los cuerpos, es decir con su constitución molecular. Algunas propiedades son: densidad, translucidez, opacidad, etcétera.<sup>11</sup> Mientras que las propiedades mecánicas se definen según las leyes de la mecánica, ya que es la ciencia física que se ocupa de la energía, las fuerzas y los efectos que provocan en los cuerpos.<sup>12</sup> Estas propiedades tienen que ver con el comportamiento de los cuerpos en relación con las fuerzas externas;<sup>10</sup> por ejemplo, son medidas de la resistencia del material a la deformación, una fractura al aplicarle fuerzas. Algunas propiedades mecánicas son: Rigidez, fragilidad, ductibilidad, maleabilidad, tenacidad, resiliencia, viscoelasticidad, dureza superficial y resistencia a la abrasión.

A continuación, se enlistan las propiedades físicas y mecánicas, con sus definiciones:

- *Propiedades térmicas*, son las variaciones de longitud que tiene un material por cada grado centígrado de cambio de temperatura.
- *Conductividad eléctrica o térmica*, se refiere a la capacidad de un material de transmitir la electricidad o la temperatura a través de su masa. Por ejemplo,

los metales tienen una alta conductividad, mientras que los materiales cerámicos y orgánicos mantienen una conductividad baja.<sup>1</sup>

- *Resistencia*, se refiere a la capacidad de un material de tolerar una carga de dos fuerzas de igual dirección y en sentido contrario, tendiendo a disminuir la longitud de un cuerpo.
- *Resistencia a la flexión*, definida como la carga máxima a la que el material se fractura.<sup>13</sup> La resistencia a la flexión de los materiales se correlaciona con su módulo de elasticidad, de tal forma que si la primera es alta el módulo de elasticidad lo será también.<sup>14</sup>
- *Tensión traccional*, cuando dos fuerzas que tienen una misma dirección en sentido opuesto, tienden a aumentar la longitud del cuerpo.
- *Tensión flexural*, definida como las tensiones compresivas, traccionales y de corte producidas cuando un cuerpo se somete a una deflexión.
- *Cizallamiento*, es la aplicación de fuerzas en sentido contrario en direcciones próximas o paralelas, con tendencia a producir el desplazamiento de un sector del cuerpo con respecto al otro.
- *Densidad*, que es la cantidad de materia por unidad de volumen medida en  $\text{gr/cm}^3$ .
- *Módulo de elasticidad o de Young*, que se refiere a la relación entre tensión y deformación, que de acuerdo a la ley de Hooke, la tensión inducida es proporcional a la deformación producida en tensión máxima (límite proporcional),<sup>15</sup> es por tanto una medida de la rigidez relativa de un material.<sup>16</sup> Un material más rígido requerirá una carga mayor para deformarse en el mismo grado que uno más elástico.<sup>14</sup>
- *Deformación elástica*, o capacidad de recuperación del material una vez que deja de aplicarse la fuerza.<sup>15</sup> Estas propiedades elásticas condicionan la indicación clínica de los materiales.<sup>14</sup>
- *Deformación plástica*, o recuperación parcial dejando una deformación permanente.
- *Maleabilidad*, o capacidad de un material de deformarse permanentemente bajo cargas compresivas.

- *Ductilidad*, es la capacidad de un material de deformarse bajo cargas traccionales.
- *Viscoelasticidad, flujo, escurrimiento o Creep*, que no es más que la deformación permanente que sufren los materiales que están sometidos a cargas bajo el límite proporcional y en función al tiempo de aplicación de la fuerza, no así al aumento de la misma.
- *Dureza Vickers (VHN) o pirámide cuadrangular*, donde se deja una huella cuadrangular, midiéndose áreas muy pequeñas.<sup>15</sup>
- *Color*, es el resultado de la percepción de un estímulo físico. El color percibido de un objeto resulta del rayo de luz incidente, o de una porción del mismo, que es el reflejado o absorbido.
- *Radiopacidad*, es la capacidad de los materiales de absorber energía proveniente de un haz de rayos X. Si un objeto es irradiado colocando una película radiográfica detrás de él, es posible que ésta quede impresionada, apareciendo zonas de gran absorción con una tonalidad radiopaca (clara) y zonas de poca o ninguna absorción con una tonalidad radiolúcida (oscura). Las restauraciones posteriores deben demostrar una adecuada radiopacidad que permita la detección de caries secundarias o imperfecciones como burbujas de aire.<sup>9</sup>
- *Rugosidad*, es el conjunto de irregularidades que posee una superficie. Afecta al comportamiento de la superficie frente a rozamiento, lubricación, desgaste, etcétera.<sup>17,18</sup> En general los parámetros utilizados para cuantificar la rugosidad pueden interpretarse como parámetros propios de la distribución estadística de alturas del perfil o superficie bajo análisis.

Antes de discutir los parámetros de rugosidad es conveniente distinguir entre la rugosidad propiamente dicha y otros componentes de la textura o morfología como la ondulación (waviness), la curvatura y la inclinación o tendencia (trend). Los parámetros de rugosidad más usados en ingeniería son la rugosidad promedio, (Ra), y la rugosidad rms (Rrms). Ra es el promedio aritmético de los valores absolutos de las alturas y (x) medidas a partir de la línea central.<sup>19</sup> La medida del valor Ra puede ser expresada en

µm o en µin (sistema métrico ó en pulgadas, respectivamente). Esta medida puede ser definida también como: siendo (a) la altura de un rectángulo cuya área sea igual a la suma absoluta de las áreas delimitadas entre el perfil de rugosidad y la Línea Media, siendo la longitud de medición Lm.<sup>17</sup>

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx$$

Dónde L es la longitud de muestreo.

Los factores que más influyen en las propiedades mecánicas de un material son su contenido en relleno, el tamaño de las partículas, su distribución y las interacciones entre el relleno y la matriz siendo el contenido en volumen del relleno la propiedad que más se correlaciona con la resistencia del material, con su módulo de elasticidad, así como con su resistencia a la fractura.

La rugosidad superficial de los materiales está influenciada por muchas propiedades del material dental. Por ejemplo, el tipo, forma, tamaño y distribución de los rellenos inorgánicos.<sup>20</sup> El pulido de restauraciones puede llevarse a cabo con una variedad de instrumentos, cada uno de estos instrumentos elimina capas de material, para mejorar la estabilidad, aumentar la dureza y disminuir la rugosidad.<sup>21</sup> La evaluación del acabado superficial se realiza sobre un perfil plano de la superficie real, obtenido mediante un instrumento, denominado rugosímetro.<sup>18</sup>

### *Propiedades Biológicas*

Las propiedades biológicas de los materiales son aquellas que provocan una reacción que permita que el organismo los integre. Hay dos tipos de reacciones de tipo biológico que se deben evitar cuando se usa un material: las reacciones inmunológicas y las reacciones toxicológicas (citotoxicidad). Las llamadas reacciones inmunológicas se producen en el organismo por la simple presencia de un elemento desencadenante que debe ser vehiculizado e incorporado al medio interno. Las reacciones de índole tóxica son diferentes. No se producen por la sola

presencia del elemento, sino que éste debe ser vehiculizado para ser incorporado al medio interno. Por este motivo, un material que en sí mismo contiene componentes tóxicos puede no producir una reacción de tipo tóxica si esos componentes no son liberados por el material e incorporados a un organismo.<sup>10</sup>

### **3. Resinas acrílicas en Odontología**

Existe una gran variedad de aplicaciones dentales de las resinas sintéticas, sus usos más comunes son:

- Prótesis (bases, revestimientos y dientes artificiales).
- Materiales de obturación de cavidades (“composites”).
- Selladores.
- Materiales de impresión.
- Equipamiento (recipientes de mezcla).
- Cementos (de resina).

Las resinas dentales se emplean sobre todo para restaurar y reemplazar la estructura dental y las piezas que faltan. Estas resinas se pueden adherir con otras directamente sobre la estructura dental u otros materiales de restauración. En caso de que falten todas las piezas dentales se puede crear una prótesis, en la cual los dientes postizos se sujetan en la base de la misma (parte de la prótesis que se apoya sobre los tejidos blandos, cubriendo el hueso maxilar y mandibular) para restablecer la función masticatoria.

En Odontología, la mayoría de las resinas se basan en los metacrilatos, sobre todo el metilmetacrilato. Sin embargo, debido a que este campo es muy dinámico, tanto el dentista como el protesista dental deben conocer los conceptos básicos sobre la química de resinas de manera que puedan evaluar de forma crítica todos los nuevos avances en este campo.<sup>22</sup>

Las resinas acrílicas fueron desarrolladas en la década de los treinta y usadas en Odontología en los años cuarenta, primero como bases para prótesis totales, después como material de restauración directa para dientes

anteriores, posteriormente para la fabricación de dientes, carillas, cucharillas o portaimpresiones, prótesis provisionales, férulas, guardas nocturnas, aparatos ortodóncicos, etcétera.<sup>23</sup>

Son polímeros de metacrilato, cuyo uso se ha difundido ampliamente en odontología ya que se poseen 3 ventajas principales: se pueden fabricar fácilmente con técnicas bastante sencillas, son estéticos y son económicos. Derivado de sus propiedades biológicas, físicas, estéticas y de manipulación estos polímeros proporcionan un muy buen equilibrio en su funcionamiento, además de las características requeridas para ser usados en la cavidad oral. Las características ideales de estos materiales son la compatibilidad biológica, las propiedades físicas, una fácil manipulación, cualidades estéticas, costo relativamente bajo y estabilidad química en la boca.<sup>22</sup>

La resina acrílica originalmente es clara e incolora; sin embargo, puede teñirse fácilmente, lo cual la hace ideal para proporcionarle los colores y tonos de las estructuras de la boca, ya sea dientes o encía. Sus propiedades físicas y mecánicas mejoran cuanto mayor sea su peso molecular, cuando el número de moléculas de cualquier polímero sea superior a 5,000, serán llamadas macromoléculas. En el área de odontología, se requiere alcanzar pesos moleculares alrededor de los 50,000 ya que esto proporcionará un comportamiento clínico superior del material.

El polimetilmetacrilato no se emplea como tal en la Odontología, es el monómero de metilmetacrilato con la doble ligadura ( $C=C$ ) el más comúnmente usado,<sup>23</sup> en presentación líquida se mezcla con el polímero en polvo. De esta forma, el monómero se disuelve parcialmente en el polímero y forma una masa plástica.<sup>22</sup>

### **3.1 Clasificación**

Acorde al método de polimerización se clasifican en dos tipos:

- Tipo I. También llamada de auto o quimiopolimerizable (polvo y líquido).

- Tipo II. Termopolimerizables o termoprocresables (polvo, líquido y tableta plástica).<sup>23</sup>

### 3.2 Composición

Debido a que existen resinas acrílicas auto o termopolimerizables, contienen compuestos comunes en ambos tipos; sin embargo, el activador de la polimerización es diferente, como lo podemos apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales componentes de resinas acrílicas y su función

| Componente                                      | Autopolimerizables<br>o<br>de curado en frío | Función                                                    | Termopolimerizables o<br>termocurados |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Metilemetacrilato<br>monómero (líquido)         | X                                            | Factor de polimerización                                   | X                                     |
| Hidroquinona (líquido)                          | X                                            | Inhibidor de la<br>polimerización durante el<br>almacenaje | X                                     |
| Etilenglicol dimetacrilato<br>(líquido o polvo) | X                                            | Agente de cadenas<br>cruzadas                              | X                                     |
| Amina terciaria (polvo)<br>Calor                | X                                            | Activador<br>Activador                                     | X                                     |
| Polimetimetacrilato<br>(polvo)                  | X                                            | Consistencia y aumento<br>del peso molecular               | X                                     |
| Peróxido de benzoilo<br>(polvo)                 | X                                            | Iniciador                                                  | X                                     |
| Fibras y colorantes<br>(polvo)                  | X                                            | Caracterizador                                             | X                                     |

Fuente: Barceló y Palma (2017)

### 3.3 Requisitos

- *Compatibilidad Biológica*

Son prácticamente biocompatibles, <sup>23</sup> la resina deberá tener ciertas características o propiedades tales como ser insípida, inodora, no

tóxica, sin producir irritación o daño de los tejidos bucales. Para cumplir con ello, debe ser totalmente insoluble en la saliva y en cualquier otro fluido que se lleve a la boca ya sea como enjuague o bebida. También ser impermeable a los fluidos orales para una buena higiene y no debe ser desagradable en sabor y olor.<sup>22</sup> Puede presentarse irritación y alergia debido a la existencia de monómero residual, para evitarlo es importante respetar las proporciones de los componentes, además del tiempo y temperatura de polimerización, el contacto directo con el monómero puede producir dermatitis, además si se respiran los vapores del monómero puede presentarse un cuadro de intoxicación. Derivado de espacios o burbujas producidos por una inadecuada manipulación y deficiencia en la higiene de los aparatos fabricados, se ha observado el desarrollo de colonias de hongos o candidiasis de prótesis o aparatos en uso en la cavidad oral.<sup>23</sup>

- *Propiedades físicas*

Este material debe poseer suficiente fuerza y resiliencia, además de contar con la resistencia requerida para soportar las fuerzas de masticación, así como de impacto y uso excesivo que pudiera tener dentro de la boca. Aunado a esto, la estabilidad dimensional deberá estar presente en todos los casos, incluidos aquellos como los cambios térmicos y variaciones de cargas.<sup>22</sup> Sin embargo, la contracción de polimerización es aproximadamente del 6%, por ser un sólido amorfo, el agua puede difundirse a los espacios intermoleculares del material y producir el fenómeno de absorción acuosa. Al ser su dureza menor a la de los tejidos de la cavidad bucal, resulta fácil el pulido con abrasivos blandos. En general, las resinas autopolimerizables ofrecen menores propiedades físicas que las termopolimerizables, con excepción de la contracción de polimerización.<sup>23</sup> Es por esto que la elección del material a emplear es fundamental acorde al uso que recibirá la prótesis o aparato en la boca, así como al tiempo de vida requerido.

- *Manipulación*

Las resinas acrílicas no deben producir humos tóxicos ni polvo durante su manipulación, misma que facilite el mezclado, la inserción, moldeado y curado, con un tiempo de polimerización relativamente corto, no viéndose afectada por las variaciones que estos procedimientos de manipulación pudieran inducir.<sup>22</sup> Deberá seguirse la proporción polvo líquido indicada por el fabricante, la cual en general es 3 a 1 en volumen.<sup>23</sup>

- *Estética*

Para ello, el material debe ser translúcido o transparente, de forma tal que pueda adecuarse a la apariencia de los tejidos de la cavidad oral que está sustituyendo. Ha de poder ser teñida o pigmentada, aunque no deben producirse cambios en la coloración o aspecto de la resina una vez fabricada.

- *Aspectos económicos*

Tanto el costo del producto como el método de manipulación deben ser relativamente bajos, para el procedimiento no deben emplearse equipos sofisticados o costosos.

- *Estabilidad química*

Aunque los polímeros de metacrilato cumplen aceptablemente todos los requisitos previamente enlistados, aún no se ha encontrado una resina ideal. Las condiciones del medio ambiente bucal son muy exigentes, solo materiales inertes y más estables químicamente, pueden resistirlas sin deterioro.<sup>22</sup>

A las resinas acrílicas, les corresponden las normas 12, 13 y 15 de la Asociación Dental Americana (ADA, por sus siglas en inglés), según si su uso es para bases de dentaduras, para reparación de aparatos de resinas o para dientes fabricados (prefabricados) a base de resinas acrílicas, respectivamente. Todas estas normas se aplican a compuestos de polímeros

sintéticos, tales como polimetilmetacrilato y a otros acrilatos y sus copolímeros, fabricados para utilizarse en prótesis dental.

Los requisitos que se exigen en estas normas con cumplir con valores de propiedades de superficie (color, translucidez y facilidad de pulido), de cuerpo (porosidad, sorción acuosa y solubilidad) y mecánicos (resistencia flexural y capacidad de unirse a dientes prefabricados y a otras resinas).

La información que el fabricante debe proporcionar (que es muy similar en las tres normas, ya que se basan en los mismos compuestos) es la siguiente:

- Proporción polvo-líquido (polímero-monómero).
- Tiempo, temperatura y procedimiento para preparar el material para el empaquetado.
- Tiempo de trabajo después del cual se puede proceder al empaquetado.
- El ciclo detallado de tiempos y temperaturas para el procesamiento, calentamiento, enfriamiento y retiro del polímero de la mufla.
- Instrucciones sobre la reparación del material procesado.
- Una confirmación de unión de los dientes con los polímeros para bases de dentaduras.<sup>23</sup>

### **3.4 Indicaciones o usos**

En todo momento será requisito indispensable el cumplir con las indicaciones del fabricante en cuanto a proporciones de los componentes y manejo del material, en caso contrario existirán variaciones en sus propiedades, lo cual podría llevar al fracaso clínico. Dentro de las indicaciones se encuentra la fabricación de bases para dentaduras (parciales o totales), la confección de piezas dentarias artificiales en la fábrica (prefabricados) o su elaboración en el laboratorio dental, la fabricación de carillas o frentes de dientes, la elaboración de prótesis provisionales, la ferulización de dientes naturales, la fabricación de guardas nocturnas, la reparación de aparatos a base de resina acrílica, la elaboración de cucharillas o portaimpresiones individuales, la

creación de aparatos de uso en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, así como muchos otros más.<sup>23</sup>

### **3.5 Ventajas**

- Son económicas, insolubles y biocompatibles.
- No se requiere equipo sofisticado para su manipulación.
- Existe una amplia gama de colores como variantes de color existen en los tejidos duros y blandos de la cavidad oral.
- Fácil manipulación.
- Propiedades (físicas y mecánicas) óptimas para su uso.<sup>23</sup>

### **3.6 Desventajas**

- Dureza inferior a la del esmalte dental, por lo que se produce abrasión cuando se una en la reconstrucción de caras oclusales funcionales
- Para base de dentaduras, su contracción modifica las dimensiones verticales de las prótesis.
- Existe riesgo de que en el paciente se produzca moniliasis ya que favorece el cultivo de hongos bucales en caso de formación de burbujas del material o higiene bucal defectuosa.<sup>23</sup>

## II. ANTECEDENTES

En los últimos 5 años, existen escasos antecedentes en cuanto a la temática de la presente tesis, mismos que se remontan al año 2016. Entre ellos encontramos el estudio *in vitro* de Al-groosh y cols., quienes evaluaron los efectos de pulir la superficie de ajuste de dos materiales de base acrílica sobre las características de la superficie y la formación de las biopelículas de *Staphylococcus aureus* resistentes a la meticilina (MRSA). Se utilizó un modelo de boca simulada (fermentador de película de profundidad constante) para producir biopelículas sobre sustratos acrílicos autopolimerizados y curados térmicamente. Los parámetros de la superficie incluyeron la rugosidad de la superficie, la hidrofobicidad y la energía libre de la superficie que se evaluó después de usar el procedimiento de pulido convencional en muestras que simulaban la situación clínica. Los resultados mostraron que MRSA logró adherirse y crecer con éxito en todas las muestras con un patrón similar, sin diferencia significativa entre los recuentos bacterianos viables recuperados, ya que la superficie rugosa proporciona un nicho protegido para MRSA contra las fuerzas de desplazamiento. Sugiriendo que pulir la superficie de ajuste de los materiales acrílicos para base puede facilitar la eliminación de la biopelícula de MRSA.<sup>24</sup>

Es en 2018, cuando Lema Soto y cols.,<sup>25</sup> realizaron una investigación original sobre la rugosidad superficial de dos resinas acrílicas de termocurado para prótesis totales sometidas a saliva artificial, para lo cual realizaron un estudio *in vitro* utilizando 2 marcas comerciales de resina, ya que estos materiales resultan útiles por su estética, baja sorción acuosa y solubilidad en agua, relativa baja toxicidad, posibilidad de reparación y una técnica simple de procesamiento, concluyendo que existe una disminución de la rugosidad superficial para ambas resinas al ser sumergidas en saliva artificial.

En el mismo año, se realiza una tesis de Maestría en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, sobre el tema de rugosidad en las resinas acrílicas, remarcando la importancia de una superficie lo más lisa

posible para disminuir el acúmulo de placa dentobacteriana que desencadene problemas de salud. Para este fin, se llevó a cabo un estudio experimental comparativo, concluyendo que la rugosidad final depende del procedimiento de elaboración de las resinas, así como de las partículas de los materiales pulidores, aunado a que, las resinas termopolimerizables sin ningún procedimiento de pulido se encuentran dentro del rango clínicamente aceptable de  $0.2\ \mu$ , mientras que al realizar el pulido al alto brillo logró disminuirse aún más los valores de la rugosidad.<sup>26</sup>

Sin embargo, existen aún variables por evaluar ya que para obtener una superficie lo más lisa posible en una resina acrílica, no solo basta con elegir y emplear un adecuado sistema de pulido, sino que también se debe elegir una resina acrílica de calidad que proporcione y cumpla con los valores mínimos de rugosidad en la superficie.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las resinas acrílicas autopolimerizables son materiales dentales de amplio uso en odontología, ya que se procesan con facilidad mediante técnicas relativamente sencillas. Ofrecen propiedades suficientes y características apropiadas a utilizarse específicamente en las especialidades de ortodoncia y odontopediatría para la elaboración de la mayoría de los aparatos removibles ortopédicos, guardas oclusales, mantenedores de espacio funcionales, retenedores ortodóncicos; entre otros usos en diversas especialidades odontológicas.

Los fabricantes de resinas acrílicas autopolimerizables proporcionan datos acerca de la absorción de agua y solubilidad, porosidad, resistencia a la flexión y módulo de flexión, translucidez y monómero residual, sin embargo, no existen datos respecto a la rugosidad superficial, la cual es un factor determinante en el confort del paciente, ya que rugosidades mayores a 500 nm serán perceptibles por la lengua y/o tejidos de la cavidad bucal.<sup>27-29</sup>

Aunado a esto, la rugosidad influye en el pulido de la superficie y por lo tanto en la acumulación de biofilm (placa dentobacteriana), proponiéndose valores de aproximadamente 200 nm (0.2  $\mu$ m) como el umbral para su acumulación.<sup>30</sup>

Por lo que, en los casos de una deficiente higiene de los aparatos, podría asociarse a la formación de calcificaciones sobre la aparatología removable a base de resina acrílica autopolimerizable que es empleada durante periodos de mediana a larga permanencia, tanto en ortodoncia como en odontopediatría.

En México, existen diversas marcas de resinas acrílicas en el mercado odontológico, en variedad de colores, algunas nacionales de precio accesible para la reducción de costos en el laboratorio dental y otras de importación con un mayor costo; sin embargo, en todos los casos los fabricantes no proporcionan los valores

de rugosidad de dichos materiales, por lo que la elección de dicho material o de las condiciones de polimerización empleadas, podrían no ser lo más apropiado.

De lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será la rugosidad de 3 resinas acrílicas autopolimerizables de uso comercial en Odontología, acorde a las condiciones de polimerización empleadas?

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Con base en varios estudios se ha comprobado que una superficie entre más irregulares, tiene mayor acúmulo de microorganismos, aunque estas irregularidades o rayaduras sean de tamaños micrométricos ayudan al alojamiento de microorganismos, generando biopelículas en las resinas acrílicas que desencadenan problemas de salud para el paciente.<sup>31</sup>

Es por esto importante que como Técnico Dental se ponga atención en evaluar las superficies de las prótesis a la hora de su confección, ya que deben quedar lo más lisas posibles a manera de que no tengan zonas de retención y sea más fácil su limpieza para no favorecer al acúmulo de microorganismos que generen problemas de salud al paciente. El siguiente proyecto ayudará a generar conocimiento e información útil para conocer la rugosidad de diferentes resinas acrílicas y así poder elegir la mejor para disminuir la generación de problemas de salud a pacientes portadores de placas elaboradas a base de resina acrílica. Por lo que se aportarán datos relevantes en cuanto a la rugosidad de las diferentes resinas acrílicas, valores que no son mencionados por las casas comerciales y apoyan a los Técnicos Dentales y Odontólogos a una mejor elección de los materiales o condiciones de polimerización que disminuyan afecciones bucodentales derivadas del acúmulo de bacterias.

## **V. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis de trabajo:**

Los valores de rugosidad de los perfiles Ra y Rz son mayores para las resinas acrílicas autopolimerizables Nic-Tone (MDC Dental, Zapopan, México), en comparación con las resinas acrílicas autopolimerizables, Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México) y Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania) cuando la polimerización se realiza al medio ambiente.

### **Hipótesis nula:**

Los valores de rugosidad de los perfiles Ra y Rz no son mayores para las resinas acrílicas autopolimerizables Nic-Tone (MDC Dental, Zapopan, México), en comparación con las resinas acrílicas autopolimerizables, Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México) y Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania) cuando la polimerización se realiza al medio ambiente.

### **Hipótesis alterna:**

Los valores de rugosidad de los perfiles Ra y Rz de las resinas acrílicas estudiadas cumplen con los valores mínimos ideales de rugosidad superficial, independiente de las condiciones de polimerización empleadas.

## **VI. OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Comparar la rugosidad de las 3 resinas acrílicas autopolimerizables Nic-Tone (MDC Dental, Zapopan, México), Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México) y Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania) en condiciones de polimerización al ambiente, así como bajo presión y temperatura.

### **Objetivos específicos:**

1. Evaluar la rugosidad de los perfiles Ra y Rz de la resina acrílica Nic-Tone (MDC Dental, Zapopan, México), en condiciones de polimerización al ambiente, así como bajo presión y temperatura.
2. Evaluar la rugosidad de los perfiles Ra y Rz de la resina acrílica Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México), en condiciones de polimerización al ambiente, así como bajo presión y temperatura.
3. Evaluar la rugosidad de los perfiles Ra y Rz de la resina acrílica Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania), en condiciones de polimerización al ambiente, así como bajo presión y temperatura.
4. Determinar cuál de las resinas acrílicas es la que presenta menor rugosidad en su superficie acorde a las condiciones de polimerización empleadas.
5. Comparar si las resinas cumplen o no con el valor mínimo ideal de rugosidad superficial, independientemente de la técnica de polimerización empleada.

## VII. MARCO METODOLÓGICO

### Tipo de estudio:

Experimental y transversal.

### Universo:

Resinas acrílicas autopolimerizables de uso odontológico disponibles en el mercado.

### Muestra:

Resinas acrílicas autopolimerizables: NicTone (MDC Dental, Zapopan, México), Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México) y Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania). Ver Figura 1 (a, b y c, respectivamente).



Fig. 1. Resinas acrílicas autopolimerizables. NicTone (a), Arias (b) y Orthocryl (c). Fuente propia.

**Tipo de muestreo:**

No probabilístico por conveniencia (30 muestras por grupo), comparando por condiciones de polimerización a 3 resinas acrílicas autopolimerizables de mayor alcance y disponibilidad en México.

**Unidades de observación**

Bloques 12 x 5 x 3 mm de resina acrílica de uso odontológico.

**Criterios de inclusión:**

- Bloques íntegros 12 x 5 x 3 mm de resina acrílica de las 3 marcas estudiadas de resina acrílica que cumplan con las medidas establecidas para el estudio.
- Bloques íntegros 12 x 5 x 3 mm de resina acrílica de las 3 marcas estudiadas de resina sin alteraciones o errores en el proceso de fabricación.

**Criterios de exclusión:**

- Bloques de resinas acrílica de las 3 marcas estudiadas sin las medidas establecidas, rotos o fracturados.
- Bloques de resina acrílica de las 3 marcas estudiadas con irregularidad superficial.
- Bloques de resina acrílica de las 3 marcas estudiadas contaminados o con defecto de polimerización.

## Variables

Las variables analizadas, tanto dependientes como independientes, se describen en las tablas 2 y 3, respectivamente.

**Tabla 2. Variables dependientes**

| Nombre                    | Definición conceptual                                                                                                      | Definición operacional                                                  | Tipo de variable | Escala de medición      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|
| <b>Autopolimerización</b> | Reacción química que se produce por la mezcla de un monómero y polímero, resultando en un material de mayor peso molecular | Al ambiente o<br>Bajo presión y temperatura                             | Cualitativa      | Nominal                 |
| <b>Rugosidad</b>          | Conjunto de asperezas de una superficie respecto a otra idealmente lisa                                                    | Valores de rugosidad en $\mu\text{m}$ de acuerdo a los perfiles Ra y Rz | Cuantitativa     | Razón ( $\mu\text{m}$ ) |

**Tabla 3. Variables independientes**

| Nombre                                      | Definición conceptual                                                          | Definición operacional                                                                                                                                                        | Tipo de variable | Escala de medición |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| <b>Resinas acrílicas autopolimerizables</b> | Polímero y monómero que al mezclarse químicamente son activados. <sup>26</sup> | NicTone (MDC Dental, Zapopan, México),<br>Arias (Arias Distribuidora Dental S.A. de C.V., Tlanepantla, México) y<br>Orthocryl (Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania). | Cualitativa      | Nominal            |

## Técnicas y procedimiento

- **Selección y preparación de la muestra**

Las resinas acrílicas NicTone, Arias y Orthocryl se asignaron a los grupos de estudio G\_NT, G\_AS y G\_DT, respectivamente, con subgrupos acorde a las condiciones de polimerización: al medio ambiente (P\_MA) y polimerización bajo presión y temperatura (P\_PT). Estos materiales se seleccionaron por estar dentro de los acrílicos de mayor acceso en el mercado.

Se prepararon 30 muestras por cada grupo (15 para cada subgrupo por condiciones de polimerización), utilizando un molde plástico de 75 x 12 x 3 mm por marca, el cual fue dividido en 15 bloques de 12 x 5 x 3 mm, con una següeta Ney (Dentsply Sirona, York, E.U.A.).

- Proporciones de la mezcla: por peso son 2 partes de polímero autopolimerizable y una de monómero autopolimerizable, acorde a las instrucciones del fabricante.
- Se preparó la mezcla en un recipiente adecuado (dappen o recipiente de vidrio), dicha mezcla se realizó durante un tiempo de trabajo de 3 a 5 min en condiciones de temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Se vertió el polímero sobre el monómero en las proporciones indicadas, mezclando en forma de cruz continuamente durante 30 segundos aproximadamente, para asegurar que las partículas del polímero se incorporaran completamente con el monómero. Se tapó el recipiente para evitar evaporación o inclusión de aire en la resina hasta que la mezcla se encuentre en la etapa filamentosa. Finalmente se colocó dentro del molde plástico con ayuda de una espátula. Se cubrió el material con un portaobjetos de cristal durante la polimerización.
- Para las muestras de polimerización bajo presión y temperatura, al concluir el paso previo, el molde plástico se llevó a una olla de presión con agua

(Polyclav®, Dentaurum GmbH & Co. KG, Ispringen, Alemania) a 50°C y 25 bares de presión para su polimerización con un tiempo de 10 min, ver Figura 3.



Fig. 3. Olla de presión con agua Polyclav®.

Fuente: <https://shop.dentaurum.es/index.php?id=p&psn=19100&pgsn=3114&ch=587ba6>

- Los bordes de los bloques obtenidos se pulieron ligeramente con papel abrasivo de 6 $\mu$ m para eliminar las rebabas producidas por el corte, siguiendo las instrucciones del fabricante, después se limpiaron mediante ultrasonido durante un minuto para eliminar impurezas. Se dejaron secar las muestras al ambiente durante un periodo de 12 h, y posteriormente, se almacenaron en recipientes libres de humedad hasta la realización del análisis.

## Rugosidad

La rugosidad se midió en tres zonas diferentes de la superficie con un rugosímetro (Surface Roughness Tester SJ-310, Mitutoyo, Tokio, Japan), Figura 4. La superficie de cada muestra fue escaneada en una longitud de 0.5 mm, por una aguja de diamante, con un módulo de medición de 0.08 mm ( $\lambda$ ), a una velocidad de 0.25 mm/s y un filtro de Gauss.



Fig. 4. Rugosímetro SJ-310. Fuente propia.

La medición se realizó perpendicular a la muestra. Para cada muestra, se realizaron tres mediciones por el mismo operador. Los parámetros de rugosidad evaluados fueron los siguientes: Ra (distancia media del perfil a la línea media sobre la longitud de evaluación) y Rz (medida de los valores absolutos de las alturas de las cinco crestas del perfil más altas y de las profundidades de los cinco valles del perfil más bajos, dentro de la longitud evaluada). Todas las mediciones se llevaron a cabo siguiendo la norma ISO 4287-1997,<sup>32</sup> y los datos se registraron en el formato correspondiente (anexo I).

## VIII. IMPLICACIONES BIOÉTICAS

En la presente investigación se contemplaron los principios éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64a Asamblea General de octubre de 2013). En el Artículo 7 de este documento se establece que “la investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos, proteger su salud y sus derechos individuales”.<sup>33,34</sup>

De acuerdo a la Ley General de Salud en materia de investigación en su título 2do. Cap. I establece el artículo 17, que define a la investigación sin riesgo como aquellos estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realizará ninguna intervención o

modificación intencionada de las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.<sup>35,36</sup>

Por lo tanto, la presente investigación se consideró sin riesgo debido a que no se va a intervenir pacientes y el material empleado ha sido aprobado por las instancias correspondientes en cada país de procedencia.

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología, quedando registrado con la clave CEICIEAO-2021-011.

## **IX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico se empleó el paquete SPSS versión 25 (SPSS IBM, New York, NY, USA). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para estimar la distribución de los datos. Así mismo para establecer las diferencias entre los diferentes materiales y técnicas se empleó U Mann-Whitney con una  $p \leq 0.05$ .

## **X. RESULTADOS**

Existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre grupos, así como en cada grupo según la condición de polimerización empleada.

En relación al parámetro  $R_a$ , el G\_NT presentó los valores más bajos en condiciones de polimerización al ambiente G\_AS presentó los valores más bajos en polimerización bajo presión y temperatura. Los valores más altos de polimerización al ambiente fueron para G\_AS. Para la polimerización bajo presión y temperatura, G\_NT mostró los valores más altos.

Con respecto al parámetro  $R_z$ , G\_NT también presentó los valores más bajos en polimerización al ambiente, similar a G\_AS en condiciones de polimerización bajo presión y temperatura.

G\_AS mostró los valores más altos de polimerización al ambiente, no existieron diferencias significativas con G\_DT; G\_NT mostró los valores más altos cuando las condiciones de polimerización se llevaron a cabo bajo presión y temperatura.

## **XI. CONCLUSIONES**

1. Todas las resinas autopolimerizables evaluadas cumplieron con los valores mínimos ideales de rugosidad superficial, independientemente de la técnica de polimerización empleada.
2. La rugosidad de las resinas acrílicas autopolimerizables estudiadas presenta diferencias, dependiendo de los productos empleados y condiciones de polimerización.

## **XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Karatas O, Gul P, Gündoğdu M, Iskenderoglu DT. An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. *Microsc Res Tech*. 2020;83(10):1251-9.
2. Anusavice JK. Visión Panorámica de los materiales para uso dental. En: Phillips R, editor. *Ciencias de los Materiales Dentales*. Madrid: Elsevier Saunders; 2004. p. 3-19.  
AMA: helping doctors help patients [Internet]. Chicago: American Medical Association; c1995-2007 [cited 2007 Feb 22]. Available from: <http://www.ama-assn.org/>.
3. DENTAID [Internet]. Barcelona: DENTAID S.L. c2014-04 [citado 2021 Mar 5]. Disponible en: <https://www.dentaid.es/blog/1246/pierre-fauchard-padre-de-la-odontologia-moderna>
4. Leal-Fonseca AP, Hernández-Molinar Y. Evolución de la odontología. *Oral*. 2016;17(55):1418-1426.
5. Aguer Baeza S. Odontólogo y protésico dental: relaciones y controversias en el desarrollo de su profesión [Internet]. Madrid: Asociación Española de Derecho Sanitario: AEDS; C2017-04 [citada 2021 Mar 22]. Disponible en: <https://www.aeds.org/XXIIIcongreso/ponencias/TFM-SONIA-AGUER-BAEZA-TRABAJO.pdf>.
6. De España G. Ley 44/2003, de 21 de noviembre, de ordenación de las profesiones sanitarias. (2003) *Boletín Oficial del Estado*, 280, 41442-58.
7. General C.D.S. NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-2015, Para la prevención y control de enfermedades bucales. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos-Secretaría de Salud.

8. Macchi R. Materia y Materiales. En: Macchi R, editor. Materiales Dentales. Buenos Aires: Panamericana; 2013.p. 3-12.
9. Barceló F, Palma J. Características de la materia. En: Barceló F, Palma J. editors. Materiales Dentales Conocimientos Básicos Aplicados. Ciudad de México: Trillas; 2017 (reim 2019). p. 13-20.
10. Banchieri D, Cabrera M, Mega J, García A, Lasalvia A, Molinari A, editores. Materiales dentales. Módulo 1: Manual de apoyo teórico [Internet]. Montevideo: Universidad de la República; 2016 [citado 2021 Mar 23]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8441/1/Librillo%20Materiales%20Dentales%201.pdf>
11. Macchi R. Propiedades de los materiales. Materia y Materiales. En: Macchi R, editor. Materiales Dentales. Buenos Aires: Panamericana; 2013.p. 13-37.
12. Anusavice JK, Brantley WA. Propiedades físicas de los materiales dentales. En: Phillips R, editor. Ciencias de los Materiales Dentales. Madrid: Elsevier Saunders; 2004. p. 41-71.
13. Anusavice JK. Propiedades mecánicas de los materiales dentales. En: Phillips R, editor. Ciencias de los Materiales Dentales. Madrid: Elsevier Saunders; 2004. p. 73-102.
14. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. J Dent Res. 1997;76(4):883-94.

15. Ruiz J, Ceballos L, Fuentes M, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. *Av Odontoestomatol*. 2003;19(6):291-97.
16. Apaza C, Bustamante G. Propiedades físicas de los biomateriales en odontología. *Rev Actual*. 2013;30(1):1478-82.
17. Sabbagh J, Vreven J, Leloup G. Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials. *Dent Mater*. 2002;18(1):64-71.
18. Grupo tecnología mecánica. Rugosidad superficial [Internet]. Mar del Plata: Procesos de fabricación; 2014 [citado 2021 Mar 15]. Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf> Mitutoyo, Hobson.
19. Universidad Del País Vasco [Internet]. Lejona: Investigación Departamento de Ingeniería Mecánica [actualizado 2020 Mar 31; citado 2021 Mar 15]. TEMA 17: Metrología del acabado superficial; [16 pantallas aproximadamente]. Disponible en: [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745_ca.pdf).
20. Santos M, Coelho A, Baptista AP, Marto CM, Amaro I, Saraiva J, et al. Mechanical and Tribological Characterization of a Dental Ceromer. *J Funct Biomater*. 2020;11(11):1-15.
21. Merve DE, Yamanel KI, Basaran SA, Tuncer DU, Celik CI. Effects of staining and bleaching on a nanohybrid composite with or without surface sealant. *Eu J Dent*. 2019;10(3):361-5.

22. Kumari VE, Nagaraj HE, Siiddaraju KI, Krisha RA. Evaluation of the effects of surface Polishing, Oral Beverages and Food Colorants on Color Stability and Surface Roughness of Nanocomposite Resins. J Int Oral Health. 2015; 7(7):63-70.
23. Ralph Rawls H. Polímeros dentales. En: Phillips R, editor. Ciencias de los Materiales Dentales. Madrid: Elsevier Saunders; 2004. p. 143-70.
24. Barceló F, Palma J. Características de la materia. En: Barceló F, Palma J. editores. Resinas acrílicas. Ciudad de México: Trillas; 2017 (reim 2019). p. 222-232.
25. Al-groosh D, Pratten J, Hunt NP. The effects of polishing the fitting surface of acrylic base retainers on Methicillin resistance staphylococcus aureus; a laboratory study. Iraqi Dent J. 2016;38(3):137-141.
26. Lema Soto CP, Ortiz C, Morera Rivera MN. Rugosidad superficial de dos resinas acrílicas de termocurado para prótesis totales sometidas a saliva artificial. Acta Odontológica Colombiana. 2018;8(1):36-44.
27. Aguillón Sol L. Rugosidad de superficies de resinas acrílicas autopolimerizables y termopolimerizables con diferentes procedimientos de pulido [tesis]. Toluca (Estado de México): Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca; 2018.
28. Ruivo MA, Pacheco RR, Sebold M, Giannini M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. Microsc Res Tech. 2019;82(10):1756-67.

29. Kavaloglu Cildir S, Sandalli N. Compressive strength, surface roughness, fluoride release and recharge of four new fluoride-releasing fissure sealants. *Dent Mater J*. 2007;26(3):335-41.
30. Arslanoglu Z, Altan H, Kale E, Bilgic F, Sahin O. Nanomechanical behaviour and surface roughness of new generation dental fissure sealants. *Acta Phys Pol A*. 2016;130(1):388-93.
31. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*. 1997;13(4):258-69.
32. Maryam G, Horieh M, Maryam F. Effect of Surface Roughness and Materials Composition on Biofilm Formation. *J Biomater Nanobiotechnol*. [Revista en línea] 2012 [Citado 2021 Abr 28]; 3:[541-546]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2012.324056>.
33. Teutle-Coyotecatl B, Contreras-Bulnes R, Scougall-Vilchis RJ, Almaguer-Flores A, García-Pérez V, Rodríguez-Vilchis LE, et al. Adhesion of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* on Er:YAG Laser-Irradiated Dental Enamel: Effect of Surface Roughness. *Photomed Laser Surg*. 2018;36(12):660-6.
34. World Medical Association [Internet]. Ferney-Voltaire: The Association; c2016-2020 [actualizado 2021 Abr 20; citado 2021 Abr 28]. WMA Declaration of Helsinki 2013; [3 pantallas aproximadamente]. Disponible en: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
35. World Medical Association [Internet]. Ferney-Voltaire: The Association; c2016-2020 [actualizado 2021 Abr 28; citado 2021 Abr 28]. WMA Declaration of Helsinki 2013; [30 pantallas aproximadamente]. Disponible

en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>

36. Gobierno de México [Internet]. México: Secretaría de Salud; c2018-2020 [actualizado 2021 Ene 25; citado 2021 Abr 28]. Comisión Nacional de Bioética Normatividad Nacional; [2 pantallas aproximadamente]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/conbioetica/articulos/normatividad-nacional-164543>

37. Gobierno de México [Internet]. México: Secretaría de Salud; c2018-2020 [actualizado 2018 Jul 30; citado 2021 Abr 28]. Comisión Nacional de Bioética Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud; [62 pantallas aproximadamente]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281701/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281701/Reg_LGS_MIS.pdf).

### XIII. ANEXOS

#### Anexo I. Registro de rugosidad de las resinas acrílicas

G\_NT/P\_AM

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |

G\_NT/P\_PT

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |

G\_AS/P\_AM

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |

G\_AS/P\_PT

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |

G\_DT/P\_AM

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |

G\_DT/P\_PT

| No.<br>Muestra | Rugosidad |         |
|----------------|-----------|---------|
|                | Ra (μm)   | Rz (μm) |
| (n=15)         |           |         |
| 1.1            |           |         |
| 1.2            |           |         |
| 1.3            |           |         |
| 2.1            |           |         |
| 2.2            |           |         |
| 2.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 3.1            |           |         |
| 3.2            |           |         |
| 3.3            |           |         |
| 4.1            |           |         |
| 4.2            |           |         |
| 4.3            |           |         |
| 5.1            |           |         |
| 5.2            |           |         |
| 5.3            |           |         |
| 6.1            |           |         |
| 6.2            |           |         |
| 6.3            |           |         |
| 7.1            |           |         |
| 7.2            |           |         |
| 7.3            |           |         |
| 8.1            |           |         |
| 8.2            |           |         |
| 8.3            |           |         |
| 9.1            |           |         |
| 9.2            |           |         |
| 9.3            |           |         |
| 10.1           |           |         |
| 10.2           |           |         |
| 10.3           |           |         |
| 11.1           |           |         |
| 11.2           |           |         |
| 11.3           |           |         |
| 12.1           |           |         |
| 12.2           |           |         |
| 12.3           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.1           |           |         |
| 13.2           |           |         |
| 13.3           |           |         |
| 14.1           |           |         |
| 14.2           |           |         |
| 14.3           |           |         |
| 15.1           |           |         |
| 15.2           |           |         |
| 15.3           |           |         |