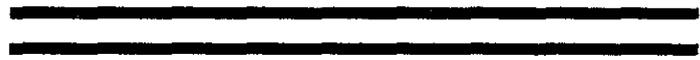


192  
2e1



Universidad Nacional Autónoma de México



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRITURACIÓN  
EN EL ESCURRIMIENTO Y DUREZA DE  
LA AMALGAMA DENTAL

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
CIRUJANA DENTISTA  
PRESENTA:

ANA BERTHA JUÁREZ GALINDO

TUTOR: C.D. J. PAULINA RAMÍREZ ORTEGA

*10/30  
C. Galindo*



MEXICO, D.F.

MAYO 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

262324



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRITURACIÓN EN EL ESCURRIMIENTO Y DUREZA DE LA AMALGAMA DENTAL

## ÍNDICE

	PÁGINA
<u>INTRODUCCIÓN</u>	4
1. AMALGAMA DENTAL	7
1.1 DEFINICIÓN	7
1.2 COMPOSICIÓN	7
1.3 FUNCIÓN DE LOS METALES	8
1.4 CLASIFICACIÓN	10
1.5 PROCESO DE FABRICACIÓN	10
1.6 TAMAÑO Y FORMA DE LA PARTÍCULA	12
2. ALEACIONES CONVENCIONALES	14
2.1 REACCIÓN QUÍMICA	15
3. ALEACIONES CON ALTO CONTENIDO DE COBRE	18
3.1 DE FASE DISPERSA	18
3.1 UNICOMPOSICIONALES	20
4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA AMALGAMA	22

<b>5. ESCURRIMIENTO</b>	<b>25</b>
<b>5.1 GENERALIDADES</b>	<b>25</b>
<b>5.2 INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA SOBRE EL ESCURRIMIENTO</b>	<b>27</b>
<b>5.3 EFECTO DE LAS VARIABLES DE MANIPULACIÓN SOBRE EL ESCURRIMIENTO</b>	<b>28</b>
<b>6. DUREZA</b>	<b>29</b>
<b>6.1 ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>	<b>30</b>
<b>6.2 PRUEBA DE LOS MATERIALES</b>	<b>32</b>
<b>6.3 PRUEBAS DE DUREZA</b>	<b>34</b>
<b>6.3.1 PRUEBA DE BRINELL</b>	<b>37</b>
<b>6.3.2 PRUEBA DE ROCKWELL</b>	<b>37</b>
<b>6.3.3 PRUEBA DE VICKERS</b>	<b>38</b>
<b>6.3.4 PRUEBA DE KNOOP</b>	<b>38</b>
<b>7 REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>40</b>

<b>8</b>	<b>INVESTIGACIÓN</b>	<b>44</b>
<b>8.1</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>44</b>
<b>8.2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>45</b>
<b>8.3</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>46</b>
<b>8.4</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>47</b>
<b>8.5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>54</b>
<b>8.6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>60</b>

## **INTRODUCCIÓN**

**Es indispensable que el cirujano dentista conozca la amplia gama de materiales dentales que existen, saber manipularlos y así poder elegir los más adecuados para su aplicación clínica.**

**Existen organismos como la Asociación Dental Americana (A.D.A.) en los Estados Unidos que se encargan de establecer normas que rigen los productos que salen al mercado. Estas incluyen la determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mayoría de los materiales y equipo dental.**

**Pero el objetivo principal de esta institución es tipificar las especificaciones para materiales dentales y certificar los productos que se ajusten a tales requisitos.**

**Estos requisitos necesarios se refieren a que deben cumplir con determinadas propiedades físicas y químicas para dar la seguridad de que el material es apropiado para ser utilizado por el odontólogo.**

**Uno de los materiales más usados en la odontología restauradora sin duda alguna lo constituye la amalgama dental formada por una aleación de plata, estaño, cobre y mercurio.**

**Este material de restauración se ha venido empleando con éxito desde 1896 y a lo largo del tiempo ha ido evolucionando y mejorando sus propiedades.**

**Durante el decenio de 1970 se introdujeron al mercado numerosas aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre (9-13%) las cuales han tenido una gran aceptación debido a que presentan mayor resistencia y menor escurrimiento en comparación con las aleaciones convencionales.**

**La Especificación No. 1 de la Asociación Dental Americana establece que la amalgama dental cumpla con las pruebas de Resistencia a la Compresión, Cambio Dimensional y Escurrimiento para asegurar que tenga un comportamiento óptimo en cavidad oral.**

**La prueba de Dureza no es exigida por esta norma, pero es una propiedad**

**física que nos va a permitir conocer la resistencia de la amalgama a la penetración o indentación, un dato importante en la aplicación clínica del material para saber si su dureza es suficiente para soportar las cargas de la masticación.**

**El propósito de este trabajo fue determinar la influencia del tiempo de trituración en el escurrimiento y dureza de 3 amalgamas dentales con alto contenido de cobre.**

## **1. AMALGAMA DENTAL**

### **1.1 DEFINICIÓN**

**La amalgama es un tipo especial de aleación ya que el mercurio es uno de sus componentes. Por ser líquido el mercurio a temperatura ambiente, puede mezclarse con otros metales que se encuentran en estado sólido. Dicha clase de aleación se conoce como amalgamación.**

**Antes de que estas ligas se mezclen con el mercurio, se llaman aleaciones para amalgama dental.**

### **1.2 COMPOSICIÓN**

**La aleación se compone esencialmente de plata, estaño y cobre. La composición de la fórmula ha presentado variaciones a lo largo del tiempo; las aleaciones citadas contenían por lo menos 65% en peso de plata, 29% en peso de estaño y menos del 6% en peso de cobre composición cercana a la recomendada por G.V. Black en 1896. Durante el decenio de 1970 se produjeron muchas aleaciones para amalgama que incluían entre 6% y 30% en peso de cobre. Estas aleaciones con alta concentración de cobre, son superiores en muchos aspectos a las amalgamas tradicionales.**

### **1.3 FUNCIÓN DE LOS METALES**

**La plata es un metal dúctil y maleable, de color blanco, en las aleaciones para amalgama representa más de 2/3 partes de la composición de la aleación; este contenido es necesario para dar resistencia a la restauración y un rápido endurecimiento al ser mezclado con el mercurio.**

**El estaño es un metal blanco, blando, la función de este metal al mezclarse con el mercurio es la de contrarrestar la expansión producida en la fase gama 1. El exceso de estaño (más de 29 %), produce una contracción excesiva y tiende a reducir la resistencia de la masa de amalgama, también prolonga el tiempo de endurecimiento y reduce la resistencia a la corrosión.**

**El cobre es un metal dúctil y maleable de color rojo característico con tendencia a pigmentarse por la formación de óxidos y sales de cobre. En las aleaciones convencionales para amalgama dental (6 % como máximo) su función es la de mejorar las características de resistencia mecánica y dureza de la amalgama.**

**Las aleaciones con alto contenido de cobre (9 % hasta 30 %); son mejores ya que superan las propiedades físicas de la amalgama debido a que estas aleaciones están libres de la fase gama 2 que se presenta en las aleaciones convencionales; esta fase no es deseable porque debilita a la amalgama.**

**El zinc rara vez se presenta en una aleación en cantidad mayor al 1% del peso. Los compuestos sin zinc son mas quebradizos y sus amalgamas tienden a ser menos plásticas.**

**El zinc es un metal blanco azulado, de definida estructura cristalina, el cual no es indispensable para la aleación por lo tanto puede estar o no presente.**

**El mercurio es un metal líquido a temperatura ambiente. En odontología se emplea en estado puro, pues constituye la parte principal de todos los tipos de amalgama de plata, ya que se combina fácilmente con varios metales como plata, cobre, estaño y zinc.**

## **1.4 CLASIFICACIÓN**

Las aleaciones para la preparación de la amalgama dental pueden clasificarse en dos grupos: en primer lugar, las aleaciones convencionales que contienen menos del 6 % de cobre ( plata 67- 74 %, estaño 25-27 %, cinc 0-2 %). En segundo lugar, las aleaciones enriquecidas con cobre (plata 69 %, estaño 17 %, cobre 13 % y cinc 1 %), llamadas también aleaciones con alto contenido de cobre; el contenido en peso de este último elemento debe ser mayor de 6%.

## **1.5 PROCESO DE FABRICACIÓN**

Las aleaciones convencionales se preparan fundiendo juntos los metales puros (plata, estaño, cobre, con o sin zinc) en la proporción adecuada para obtener un lingote. Este lingote se enfría súbitamente para conseguir una estructura centralizada que contiene granos no homogéneos de la aleación plata-estaño. Por esta razón el lingote posteriormente se somete a un tratamiento térmico para obtener una distribución homogénea del compuesto plata-estaño. A esto se le conoce con el nombre de **HOMOGENEIZACIÓN**, y se realiza calentando el lingote en el horno

durante, un período suficiente como para permitir la difusión atómica y que las fases alcancen equilibrio. El tiempo de tratamiento térmico varía con la temperatura utilizada y el tamaño del lingote; sin embargo es frecuente un lapso de 24 horas a una temperatura de 400°C. Al concluir la homogeneización se deja enfriar en forma relativamente lenta para permitir la formación de una mayor cantidad de fase gama o compuesto plata estaño.

Después del tratamiento de homogeneización, el lingote de aleación se corta con un instrumento adecuado como un torno y se obtienen pequeñas partículas en forma de limadura; esta limadura recién obtenida, se coloca en otra máquina que reduce y uniforma el tamaño de las partículas; posteriormente se pasa a través de una malla fina de acuerdo al tamaño que se desea obtener la partícula.

Es necesario aliviar las microtensiones incluidas en las partículas durante el corte y su paso por el molino de bolas. El proceso para aliviar estas tensiones, comprende un ciclo de temple a temperatura moderada, durante varias horas, a casi 100°C, este proceso se conoce como ENVEJECIMIENTO. Con este tratamiento, la aleación será entonces estable en reactividad y propiedades cuando se almacena durante un

período indefinido. Estas tensiones se pueden liberar también cuando la aleación se almacena durante tiempo prolongado.

Las aleaciones de partícula esférica, se producen al fundir juntos los elementos que van a constituir la aleación; el metal líquido se atomiza en pequeñas gotas esféricas. Si las gotas solidifican antes de chocar contra una superficie, conservan su forma esférica. Después estas partículas esféricas reciben un tratamiento térmico que hace más ásperos los granos y disminuye la velocidad de reacción al mezclarse con el mercurio.

#### **1.6 TAMAÑO Y FORMA DE LA PARTÍCULA.**

Existen 4 tipos básicos de partículas de acuerdo al proceso de fabricación:

**A) Partícula en limadura:**

(lathe cut) se obtiene mediante el vaciado del metal fundido dentro del molde y después cortado.

**B) Partículas de tipo esférico:**

**(forma de gota) producida por la atomización del metal fundido.**

**C) Partículas de tipo dispersante:**

**(punto eutéctico) es una mezcla de partículas esféricas y de limadura. Esta aleación no es solo una mezcla física; sino también una mezcla de partículas químicamente diferentes. La limadura es una mezcla de plata estaño; la porción esférica contiene plata pura y cobre puro.**

**D) Partículas esferoidales:**

**(en forma de pera) estas se producen mediante la atomización de metal fundido, utilizando agua en lugar de aire y el resultado son partículas esferoidales.**

**Los tamaños de partícula de la fórmula esférica varían entre promedios de 25 a 35 micrones.**

**Idealmente la fórmula deberá tener una distribución proporcional de diferente tamaño de partícula alrededor de un tamaño promedio. No es deseable ni una limadura con alto porcentaje de partícula grande, ni una de gran contenido de partícula pequeña.**

## **2. ALEACIONES CONVENCIONALES.**

La amalgamación acontece cuando el mercurio toca la superficie de las partículas de la aleación de plata y estaño. Cuando se tritura un polvo, la plata y el estaño presentes en el exterior de las partículas se disuelven en el mercurio. Al mismo tiempo este se difunde dentro de las partículas de la aleación; el mercurio posee solubilidad limitada para con la plata (0.035% de peso) y el estaño (0.6% de peso).

Cuando se excede dicha solubilidad, los cristales de los dos compuestos metálicos binarios se precipitan en el mercurio. Estos son el compuesto de plata y mercurio, de estructura cúbica centrada en el cuerpo, y el compuesto hexagonal de estaño y mercurio; estas fases reciben el nombre de gama 1 y gama 2 respectivamente. Como la solubilidad de la plata en el mercurio es mucho menor que la del estaño, la fase gama 1 se precipita primero y la fase gama 2 lo hace después.

Luego de la trituration, el polvo de la aleación coexiste con el mercurio líquido y otorga a la mezcla una consistencia plástica. Los cristales gama 1 y gama 2 crecen a medida que el mercurio restante disuelve las

partículas de la aleación. Tan pronto como el mercurio desaparece, la amalgama endurece. A medida que las partículas quedan cubiertas con los cristales recién formados, en su mayor parte gama 1, la velocidad de la reacción decrece. La aleación se mezcla por lo general con mercurio en una proporción de casi 1 a 1. Esto no representa suficiente para consumir totalmente las partículas de aleación beta y gama; en consecuencia la amalgama cristalizada incluye partículas sin consumir. Cristales sólidos gama 1 y 2 rodean y fijan entre sí las partículas de la aleación (más pequeñas ahora, porque sus superficies se disolvieron en el mercurio). Por lo tanto, la amalgama típica con bajo contenido de cobre es un compuesto donde las partículas sin reaccionar se encuentran enclavadas en las fases gama 1 y 2.

## 2.1 REACCIÓN QUÍMICA.

Durante el fenómeno de trituración, se une el mercurio con los componentes de la aleación y comienzan a formarse las fases metalográficas propias de la reacción de amalgamación.

- FASE GAMA . Tiene como fórmula  $Ag_3Sn$  y corresponde al compuesto intermetálico que no reacciona con el mercurio, esta fase queda nucleada envuelta en una matriz conformada por las otras fases. La fase gama es la de mayor resistencia.

- FASE GAMA 1 . Fórmula  $Ag_2 Hg_3$  .

- FASE GAMA 2 . Fórmula  $Sn_7- Hg_8$ .

Estas dos fases constituyen la matriz de soporte que envuelve la fase gama que no reaccionó.

La fase gama 1 es la más resistente de las dos que conforman la matriz, y se favorece su presencia por las buenas propiedades que otorgará al producto final; corresponde al 54- 56 % del volumen total, mientras que la fase gama es 32 % y gama 2 es 11 % a 13 %.

Porcentaje de fases de la amalgama:

Fase gama            32 %     --- la de mayor resistencia.

Fase gama 1    54- 56 %   --- resistencia intermedia.

Fase gama 2    11-13 %   --- fase débil.

**La plata y el estaño forman la parte principal de las aleaciones para amalgama, los incrementos o disminuciones de plata afectan a la magnitud de las fases Beta y gama, así como a las propiedades.**

**Si la concentración de estaño supera 26.8 % de peso, se forma una mezcla de fase gama y otra rica en estaño. La presencia de la fase de estaño incrementa la magnitud de la fase estaño y mercurio (gama 2) que se produce cuando se amalgama la aleación. La fase estaño y mercurio carece de resistencia a la corrosión y es el componente más débil de la amalgama dental; las amalgamas ricas en estaño exhiben expansión menor que las abundantes en plata.**

### **3. ALEACIONES CON ALTO CONTENIDO DE COBRE.**

Son los materiales más indicados por sus propiedades mecánicas mejoradas, sus características de corrosión, y una mejor integridad marginal en estudios clínicos, en comparación con aleaciones tradicionales bajas en cobre. Hay dos tipos diferentes de aleación ricos en cobre: el primero es un polvo de aleación mezclada y el otro es de composición única. Ambos contienen más de 6% de cobre.

#### **3.1 DE FASE DISPERSA**

En 1963, Innes y Youdelis agregaron partículas esféricas de aleación eutéctica de plata y cobre: (71.9% de Ag y 28.1% de Cu) a otras de una aleación para amalgama con bajo contenido de cobre cortada en tomo. Fue el primer cambio importante en la composición de una aleación para amalgama dental desde los trabajos de Black. Estas aleaciones se llaman mezcladas ya que el polvo final es una combinación de por lo menos dos clases de partículas.

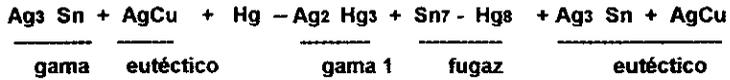
La amalgama producida con estos polvos es más resistente que la elaborada con polvo con bajo contenido de cobre y cortado en torno, por la resistencia de las partículas de plata y cobre, en vez del mecanismo originalmente sugerido de reforzamiento por dispersión.

Se sabe que los materiales compuestos (los que constan de una matriz y un relleno) se refuerzan con la incorporación de rellenos fuertes; las partículas de plata y cobre funcionan como rellenos semejantes para reforzar la matriz de amalgama.

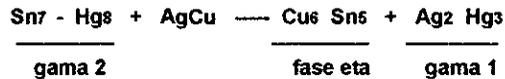
La aleación de fase dispersa contiene por lo general 30% a 55% de polvo esférico rico en cobre. El contenido total de cobre en estas aleaciones varía desde casi 9 hasta 20% en peso.

En las fórmulas de alto contenido de cobre, este ocasiona la eliminación de la indeseable fase gama 2 después de algunas horas. La presencia del cobre, y del eutéctico plata- cobre en las de fase dispersa, induce la desaparición de la fase gama 2 recién formada, tomando el estaño de esta fase y formando una nueva fase: la fase eta  $Cu_6 Sn_5$ .

El mayor contenido de plata proveniente del eutéctico favorece un aumento de la fase gama 1.



La fase gama 2 se descompone ante la presencia del cobre del eutéctico.



Con la eliminación de la fase gama 2 en las nuevas fórmulas, las restauraciones de amalgama poseen mejores propiedades físicas.

### 3.2 ALEACIONES UNICOMPOSICIONALES

El gran éxito de las amalgamas de fase dispersa motivó la producción de otro tipo de aleación rica en cobre; cada partícula de estos polvos posee la misma composición química y en consecuencia se llaman aleaciones de composición única o sencilla.

Los elementos principales de las partículas son plata, cobre y estaño. La primera aleación de esta clase contenía 60% de plata, 27% de estaño y 13 % de cobre. El contenido de cobre en diversas aleaciones de composición única varía desde 13 hasta 30 % .

Las fases que se identifican en cada partícula de aleación de composición única incluyen beta Ag-Sn, gama Ag-Sn y eta Cu-Sn (Cu<sub>3</sub> Sn).

Cuando se trituran con el mercurio, la plata y el estaño se disuelven con el mercurio, muy poco cobre se disuelve con el mercurio. Los cristales de gama 1 crecen y forman una matriz que unifican las partículas de la aleación parcialmente disueltas. Los cristales de Cu<sub>3</sub> Sn<sub>8</sub> (fase eta) aparecen como redes columnares en las superficies de las partículas de la aleación, así como dispersos en la matriz reforzando la unión entre las partículas de aleación y los granos de gama 1; estas conexiones mejoran la resistencia de la amalgama a la deformación.

La reacción de un polvo de aleación de composición única con el mercurio es:

(partículas de aleación Ag-Sn-Cu) + Hg  $\rightarrow$  gama 1 +  $\eta$  + partículas de aleación sin reaccionar.

#### **4. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA AMALGAMA.**

Durante los años transcurridos desde que la Asociación Dental Americana estableció normas estrictas para el control de calidad, se han desarrollado determinadas pruebas de laboratorio para la evaluación de la amalgama dental.

La especificación No. 1 de la Asociación Dental Americana exige 3 pruebas a la amalgama dental:

##### **A) Resistencia a la Compresión**

El valor mínimo de la resistencia a la compresión de una amalgama, de acuerdo con la norma, es de 80 MPa al término de 1 hora; este es el valor mínimo de resistencia que debe reunir la restauración, que permite soportar las fuerzas de masticación sin fracturarse o deformarse. Al cabo de 1 hora dicho valor aumenta progresivamente.

##### **B) Cambio Dimensional.**

Cuando la amalgama endurece, ocurre un cambio dimensional que puede causar que ésta se expanda o se contraiga, según haya sido su manipulación.

Los valores de cambio dimensional se establecen dentro de los límites de  $\pm 20$  micrones/cm, esta medición deberá hacerse a los 5 minutos y a las 24 horas desde el fin de la trituration.

### C) Escurrimiento o Termofluencia.

El escurrimiento de la amalgama es un cambio dimensional originado por una carga causada por las propiedades viscoelásticas del material. El exceso de escurrimiento que ocurre en fuerzas masticatorias normales da como resultado porciones cuspídeas distorsionadas de la restauración o un aumento en la fractura marginal. El escurrimiento se da bajo un esfuerzo estático de 36 MPa a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  y es una propiedad que debe estar probada de acuerdo a la especificación No.1 de la A.D.A. para aleaciones de amalgama dental. El valor máximo de escurrimiento permitido para un producto certificado es de 3 % entre una y 4 horas después de la preparación de la muestra. Para realizar esta prueba la muestra de amalgama debe elaborarse 7 días antes de ser sometida a la prueba y haberse mantenido a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**Para que estas propiedades exigidas por la norma se cumplan es necesario tomar en cuenta factores de mezclado como por ejemplo la relación aleación / mercurio, el tiempo y velocidad de trituración, etc.**

**Lo más recomendable es seguir las indicaciones del fabricante como una guía para fijar el tiempo de mezclado apropiado y obtener una masa fácil de manipular.**

**Además, el hecho de seguir las indicaciones del fabricante (incluyendo la relación aleación / mercurio, en aquellas no predosificadas) repercutirá en un óptimo comportamiento físico del material en boca.**

## **5. ESCURRIMIENTO.**

### **5.1 GENERALIDADES**

**El escurrimiento de la amalgama es un cambio dimensional originado por una carga causada por las propiedades viscoelásticas del material.**

**El fenómeno de escurrimiento (incremento de deformación sin incremento de carga) se presenta en algunos materiales restauradores como la amalgama. La especificación No. 1 de la A.D.A. limita esa deformación a un máximo de 3 % por lo que cualquier producto que rebase esa cifra no es apto para uso clínico.**

**Las pruebas originales de escurrimiento eran requeridas por la amalgama para cumplir con ciertos límites de deformación cuando una carga determinada se colocaba sobre la muestra incompletamente fraguada. Si la muestra de amalgama se deformaba 6 % en un periodo de 21 horas, se consideraba que no había pasado la prueba. De este modo no sólo se medía el escurrimiento sino también el índice de asentamiento.**

Ahora la prueba de escurrimiento se realiza en una muestra completamente fraguada (7 días de antigüedad) la cual es sometida a carga. Entonces se registra el porcentaje de acortamiento. En otro método la carga es aplicada y retirada alternativamente una y otra vez. La primera se denomina escurrimiento estático y la segunda escurrimiento dinámico.

Las mejores amalgamas tienen valores muy bajos de escurrimiento, del orden de 0.1 a 0.5 % y generalmente son de alto contenido de cobre.

Se sabe que el índice de escurrimiento se correlaciona con el deterioro marginal de las amalgamas tradicionales con bajo contenido de cobre (cuanto más elevado sea el escurrimiento mayor será el grado de deterioro marginal) y se ha observado que los márgenes de la amalgama con escurrimiento elevado muestran la formación importante de surcos; esto inevitablemente contribuirá a mayor microfiltración y muy probablemente a una recidiva de caries.

Es prudente seleccionar una aleación comercial con un índice de escurrimiento por debajo del valor indicado en la especificación No. 1 de la A.D.A. Como se analiza a través de dicha especificación, los valores de flujo o escurrimiento de las amalgamas con bajo contenido de cobre se encuentran entre 0.80 y 9.00 %. Las amalgamas ricas en cobre presentan valores mucho menores, algunas incluso menores de 0.1 %.

## 5.2 INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA SOBRE EL ESCURRIMIENTO.

Se sabe que la fase gama 1 Ag-Hg ejerce un efecto primario sobre los índices de escurrimiento en las amalgamas tradicionales. Los índices citados aumentan con grandes fracciones volumétricas gama 1 y decrecen con tamaños mayores de granos gama 1. La presencia de gama 2 se relaciona con índices mayores de escurrimiento; aparte de la ausencia de gama 2, los índices muy bajos de escurrimiento en amalgamas ricas en cobre y de composición sencilla se deben a columnas de fase  $\epsilon$  Cu<sub>6</sub> Sn<sub>5</sub>, que actúan como barreras contra la deformación de la fase gama 1.

### **5.3 EFECTO DE LAS VARIABLES DE MANIPULACIÓN SOBRE EL ESCURRIMIENTO.**

Los factores de manipulación que aumentan al máximo la resistencia también reducen al mínimo el índice de escurrimiento de cualquier tipo de amalgama; para que esto se dé, es necesario reducir al mínimo las proporciones de mercurio y amalgama, aumentar al máximo la presión de condensación de las aleaciones mezcladas y prestar atención a la sincronización de la trituración.

Al parecer hay poca correlación entre el escurrimiento y el deterioro marginal con aleaciones que presentan valores de flujo menores de 1 %. No obstante, cuando éstos son mayores que lo anterior, las restauraciones elaboradas con aleaciones con escurrimiento mayor sufren por lo general deterioro marginal más notable que otras producidas con aleaciones con menor escurrimiento.

Se sospecha que la escasez o ausencia de la fase gama 2, susceptible a la corrosión, en la microestructura de amalgama con alto contenido de cobre, es el factor que sustenta la mayor resistencia de estas aleaciones al deterioro marginal. Si esto es correcto, la propiedad del escurrimiento

no intervendría de manera directa en el mecanismo del deterioro marginal. Es cierto que las amalgamas con gama 2 escasa o nula muestran por lo general un escurrimiento menor que las aleaciones que forman cantidades apreciables de gama 2. Tomando en cuenta esta teoría, la prueba de flujo serviría como refuerzo conveniente para identificar las amalgamas más susceptibles a la corrosión y a la falla marginal. La expansión de la amalgama por la contaminación con humedad de una aleación con zinc también genera este tipo de fracasos. En consecuencia se identifican diversos mecanismos independientes o en funcionamiento sinérgico, con la degeneración marginal, observada en este material restaurativo. Por lo tanto se recomienda elegir aleaciones que presenten escurrimiento reducido y resistencia máxima a la corrosión.

## **6. DUREZA**

### **6.1 ESTRUCTURAS METÁLICAS.**

Un metal puede existir como gas, líquido o sólido cristalino. Los gases existen sólo a niveles muy altos de energía. El estado líquido resulta mediante suficiente energía libre que causa que los átomos se muevan en forma aleatoria; sus movimientos están limitados sólo por el recipiente. En ningún momento los átomos toman posiciones fijas en relación entre sí en un líquido.

Los átomos de un metal asumen posiciones casi fijas relativas entre ellos en el estado sólido. Un metal sólido por lo común está compuesto de una multitud de cristales, dentro de cualquier cristal, el arreglo atómico se repite; de hecho, tales líneas pueden dibujarse en las tres direcciones coordenadas y formar una malla denominada malla espacial de cristal la cual está hecha de un patrón geométrico tridimensional pequeño y repetido que se denomina celda unitaria. El cristal entero está formado por celdas unitarias ordenadas.

**Hay un número de formas y tamaños de celdas unitarias. Las tres más importantes son la celda unitaria cúbica de cara centrada, la celda cúbica de cuerpo centrado y el arreglo hexagonal en paquete compacto que tiene la forma de un panal.**

**El tipo de malla espacial y el grado de perfección de la misma tienen mucho que ver con las propiedades físicas de un metal. La malla espacial cúbica de cara centrada es más dúctil y maleable que el tipo de cuerpo centrado. Este por lo común es el más duro y fuerte de los dos. El arreglo hexagonal carece de ductibilidad.**

**Los cristales de un metal cambian de forma cuando se someten a esfuerzos y al calor. Si los átomos no se mueven fuera de las regiones de influencia de sus vecinos, regresan a sus posiciones originales después de que se elimina el esfuerzo, se dice que la deformación es elástica; pero si se aplica suficiente esfuerzo para deformar la malla de manera permanente y los átomos no regresan a su posición original la deformación es plástica.**

**La deformación plástica tiene lugar cuando parte de un cristal se desliza en la otra. Podemos decir tomando en cuenta lo anterior que un metal es un sólido cristalino constituido por un elemento químico y cuyo arreglo atómico es perfectamente ordenado con propiedades únicas.**

**Una aleación es una mezcla de dos ó mas metales; o de metales con no metales, cuyas propiedades físicas y químicas son muy diferentes a las que presentan los metales que les dan origen.**

**Una aleación de una composición particular contiene una o más fases. Una fase se define como una porción física homogénea de materia. No puede subdividirse por medios mecánicos o distinguirse en partes más pequeñas con un microscopio óptico ordinario.**

## **6.2 PRUEBAS DE LOS MATERIALES**

**Las pruebas se aplican a los materiales y componentes, estas consisten en la medición de las propiedades fundamentales o medición de las respuestas a influencias particulares tales como carga, temperatura y corrosivos. La inspección está relacionada en forma estrecha con las**

**pruebas y se refiere a la geometría de los objetos, la detección de defectos internos y los exámenes de rendimiento, acabado, color y apariencia en general.**

**Los métodos de prueba e inspección pueden ser o no destructivos del objeto que se examina y, por lo tanto, las pruebas se subdividen por lo común en dos áreas principales: pruebas destructivas y no destructivas.**

**Las pruebas también se clasifican como pruebas físicas, químicas o mecánicas. Las pruebas físicas incluyen la medición de cantidades como peso específico, y propiedades eléctricas, magnéticas, térmicas y ópticas. Las pruebas químicas, por las cuales se determinan las propiedades químicas, se encuentran en los dominios del científico.**

**Las pruebas mecánicas se realizan con más frecuencia en los laboratorios, estas incluyen la medición de propiedades como dureza, resistencia y tenacidad, para las cuales se requiere un buen equipo y técnicas especiales.**

**Los metales tienen un conjunto común de propiedades que hacen que sean materiales útiles. No todos los metales tienen las mismas propiedades o propiedades al mismo grado. La mayor parte son sólidos a**

**la temperatura ambiente, pero el mercurio es una excepción. Los metales son relativamente pesados, pero sus densidades varían dentro de amplios márgenes.**

**La resistencia, dureza, resistencia al desgaste, resistencia al choque, y la conductividad eléctrica y térmica son propiedades importantes de los metales.**

**La mayoría de los metales son elásticos hasta cierto límite; se deforman en proporción al esfuerzo y regresan a su estado original cuando se elimina el esfuerzo. A esfuerzos elevados, se deforman de manera plástica. Algunos metales aceptarán una deformación plástica de alto grado antes de que fallen y otros muy poco.**

### **6.3 PRUEBAS DE DUREZA**

**La dureza se basa en la capacidad de los materiales para resistir el rayado, la indentación y penetración.**

**El penetrador es generalmente una esfera, pirámide o cono, hecho de un material mucho más duro que el que se ensaya como por ejemplo acero endurecido, carburo de tungsteno sinterizado, o diamante. En la mayoría de las pruebas patrón la carga se aplica al oprimir lentamente el penetrador perpendicularmente a la superficie ensayada, por un periodo determinado, de los resultados se puede calcular un valor empírico de dureza, conociendo la carga aplicada y el área de la sección transversal o la profundidad de la impresión.**

**Estas pruebas nunca se hacen cerca del borde de la muestra o cerca de una penetración ya existente. En éste último caso, la distancia mínima para efectuar una nueva penetración es de 3 veces el diámetro de la impresión anterior.**

**Las penetraciones microscópicas de dureza se hacen empleando cargas muy pequeñas y se usan para estudiar variaciones localizadas de dureza en materiales monofásicos y multifásicos.**

**La mayoría de las pruebas de dureza producen deformación plástica en el material, y todas las variables que influyen en la deformación plástica la afectan. En aquellos materiales que muestran características similares de endurecimiento por trabajo, existe una válida correlación entre la dureza y la resistencia máxima a la tensión.**

**Hay muchas pruebas de dureza superficial, la mayor parte de ellas se basan en la capacidad que tiene la superficie del material para resistir la penetración de una punta con una carga determinada. Las pruebas de dureza más comunes pueden clasificarse como pruebas de macrodureza o microdureza. Las pruebas de macrodureza permiten escrutar un área grande aceptable de la superficie y sus impresiones pueden observarse a simple vista. Las impresiones de las pruebas de microdureza son muy pequeñas, de modo que se requiere un microscopio para observarlas. Las pruebas que se usan con mas frecuencia para determinar la dureza de los materiales dentales son las de Brinell, Rockwell, Vickers y Knoop.**

### **6.3.1 Prueba de Brinell**

La prueba de Brinell es una de las más antiguas, la cual consiste en presionar una bola de acero duro en la superficie pulida de un material bajo una carga específica, la carga se divide entre la superficie de indentación y el cociente (el cociente se llama número de dureza Brinell que se abrevia Bhn), así cuanto menor sea la indentación mayor será el número de dureza. Sin embargo esta prueba no se presta para determinar la dureza de materiales frágiles o de los que presentan recuperación elástica importante, por lo tanto la prueba de Brinell no es recomendable para medir la dureza de la estructura dental y los cementos que son frágiles.

### **6.3.2 Prueba de Rockwell**

La prueba de Rockwell es similar a la de Brinell pues también se usa una bola de acero o una punta cónica de diamante, en lugar de medir el diámetro de la impresión se mide la profundidad de manera directa mediante un disco graduado que tiene el instrumento. El número de dureza Rockwell se designa de acuerdo a la punta específica y la carga ejercida.

### **6.3.3 Prueba de Vickers**

En la prueba de Vickers se emplea el mismo principio que en la de Brinell, pero en lugar de una bola de acero se usa un diamante en forma de pirámide de base cuadrangular, aunque la impresión es cuadrada y no redonda el método de cálculo es el mismo que el de Brinell. El método consiste en que la carga se divide entre la superficie de penetración, se miden y promedian las longitudes diagonales de la penetración, esta prueba se emplea en la especificación de la Asociación Dental Americana para oros de vaciado dental. La prueba es recomendable para determinar la dureza de materiales enteramente frágiles por tanto se usa para medir la estructura dental.

### **6.3.4 Prueba de Knoop**

En la prueba de dureza Knoop se emplea un instrumento penetrador de diamante en forma geométrica, la impresión tiene forma de rombo y se mide la longitud de la diagonal mayor, la superficie proyectada se divide entre la carga para obtener el número de dureza Knoop.

Las pruebas de Knoop y Vickers se clasifican como pruebas de microdureza en comparación con las pruebas de macrodureza de Brinell y Rockwell. Las dos primeras emplean cargas menores de 9.8 Newtons.

Otras pruebas de dureza menos sofisticadas como las de Shore o Barcol, se emplean al evaluar la dureza de materiales dentales en particular de hules y plásticos.

**Ejemplos de Dureza de materiales dentales:**

<b>Material</b>	<b>Dureza Knoop (kg/mm )</b>
Esmalte natural	343
Dentina natural	68
Cemento natural	43
Amalgama Dental	110
Aleación de oro de 22-K	85
Porcelana	460

## **7. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

**La primera norma fue adoptada en 1929 por la Asociación Dental Americana en la cual se establecieron los requisitos que debe cumplir la amalgama para uso dental (especificación No. 1 de la A.D.A.) las pruebas que dicha norma indicó originalmente siguen practicándose en la actualidad, aunque con cifras un poco más exigentes dada la evolución que han tenido las formulaciones para amalgama dental. (11)**

**Las restauraciones de amalgama dental pueden ser consideradas como excelentes y duraderas, sin embargo algunas variables del mismo material pueden llevarlas a su fracaso clínico. Una de las fallas puede ser la pérdida de integridad marginal de las restauraciones asociada al fenómeno de escurrimiento. Mahler menciona la existencia de la aparente relación entre resistencia a la compresión y escurrimiento estático con la severidad y el grado de fracaso clínico. (14)**

**La fractura marginal es uno de los fracasos que se presenta en las restauraciones con amalgama. Este estudio consistió en comparar el grado de fractura marginal con la longevidad de las restauraciones y en el estudio se demostró que la fractura marginal aumentaba con la longevidad de las restauraciones entre 1 y 4 años de servicio. (8)**

**Otro dato importante es el que indican Bates y colaboradores (1975) que la típica masticación del adulto tiene 70 ciclos por minuto y el máximo de presión durante cada secuencia de masticación es entre 4 y 17 MPa. Estos valores sólo representan una aproximación pero lo que si es real es que el trabajo fuerte de una amalgama incrementa la posibilidad de fractura marginal y por lo tanto otra variable para ocasionamos un fracaso clínico. (9)**

**La amalgama constituye una alternativa de técnicas de restauración. La fuerza entre las amalgamas nuevas y viejas es variable y por lo tanto cambia entre ellas la resistencia a la fractura, por las fuerzas generadas durante la masticación. Mueller (1990) menciona que las amalgamas que contienen paladio ofrecen un nivel relativamente bajo a la fractura y que las amalgamas que contienen zinc tienen un nivel relativamente alto a la fractura. (2)**

**El escurrimiento como factor clínico en el funcionamiento de las amalgamas dentales fue inicialmente mostrado hace 20 años y desde entonces ha sido demostrado repetidamente sólo que con grandes diferencias en los valores reportados. Este estudio no coincidió con los valores reportados en otras investigaciones aún usando amalgamas con alto y bajo contenido de cobre. Las razones de estas diferencias pueden ser varias, un ejemplo sería el tiempo o edad de dichas aleaciones. (7)**

**A pesar de las mejoras en las aleaciones para amalgama, la fractura marginal en las restauraciones con este material después de un periodo de tiempo relativamente corto se sigue encontrando. (Osborne y Friedman 1986). Este tipo de fracaso es visto clínicamente como canales y constituye la razón esencial para el reemplazo o cambio de las restauraciones de amalgama. (15)**

**Mahler y otros (1970) identificaron la relación entre el escurrimiento de las amalgamas de bajo contenido de cobre y la fractura marginal. Mahler en 1970 demostró que el escurrimiento es la causa directa de la ruptura marginal de la amalgama, indudablemente la fractura ocurre también como resultado de corrosión. Se puede decir que ambos procesos avanzan probablemente de manera simultánea. (15)**

**Dermann (1984) reportó que las amalgamas con alto contenido de cobre exhibieron valores bajos en el escurrimiento comparadas con las amalgamas convencionales. En este estudio se varió el tiempo de trituración para estas aleaciones lo cual no afectó de manera importante sus propiedades mecánicas; como resistencia a la compresión, dureza, cambio dimensional etc. (10)**

## **8. INVESTIGACIÓN**

### **8.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

**Uno de los problemas que presentan las restauraciones con amalgama dental es el fenómeno de escurrimiento, el cual es inherente a la naturaleza de la amalgama. El problema se agudiza cuando estas restauraciones involucran caras proximales y se evidencia clínicamente como desajuste de la restauración. Toda amalgama sufre escurrimiento y estudios previos señalan que el tiempo de trituración afecta dicho escurrimiento.**

**Es importante observar que muchas veces el cirujano dentista no sigue al pie de la letra las indicaciones del fabricante sin considerar que una omisión de este tipo puede ocasionar el deterioro en sus restauraciones.**

## **8.2 OBJETIVO GENERAL**

**Comparar el escurrimiento y dureza que presentan 3 amalgamas comerciales de alto contenido de cobre (ANA 2000, ARTALLOY, LUXALLOY) variando el tiempo de trituración.**

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**a) Realizar prueba de escurrimiento y dureza a las amalgamas trituradas de acuerdo al tiempo que indica el fabricante (trituración recomendada).**

**(Grupo control).**

**b) Realizar prueba de escurrimiento y dureza a las amalgamas incrementando el tiempo de trituración (aumento del 100% del tiempo sugerido por el fabricante).**

**(Grupo Experimental).**

### **8.3 HIPÓTESIS**

**Si modificamos el tiempo de trituración indicado por el fabricante las propiedades físicas de escurrimiento y dureza de una aleación para amalgama se alterarán.**

**El aumentar el tiempo de trituración (100 %) de una aleación para amalgama no altera el escurrimiento y la dureza de la misma.**

**Aumentar el 100% el tiempo de trituración de la aleación para amalgama propicia un incremento en su escurrimiento y dureza.**

**Si aumentamos al 100% el tiempo de trituración de una aleación para amalgama disminuye su escurrimiento y dureza.**

## 8.4 MATERIALES Y MÉTODO

### ALEACIONES PARA AMALGAMA UTILIZADAS EN ESTA INVESTIGACION

MARCA	FABRICANTE	NO. DE LOTE	PRESENTACION
ANA 2000 DUETT	NORDISKA DENTAL AB HELSINBORG SUECIA	91107/21.8 1	SOBRES C/ MERCURIO Y TABLETAS DE ALEACION
ARTALLOY	DEGUSSA ALEMANIA	6071162/22	CAPSULAS PREDOSIFICADAS
LUXALLOY	DEGUSSA ALEMANIA	3011007/12	CAPSULAS PREDOSIFICADAS

\* Amalgamador Silamat (Degussa, Alemania)

\* Tornillo Micrométrico (Mitutoyo, Japón)

\* Cabina con control de Tiempo y Carga adecuada para la prueba de escurrimiento.

\* Cabina con Control de Temperatura

\* Hacedor de muestras según la especificación No. 1 de la A.D.A.

**\* Aparato con carga específica para hacer las muestras de amalgama; fabricado en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.**

**\* Cronómetro**

**\* Resina acrílica autopolimerizable**

**\* Aparato para pulido metalográfico**

**\* Papel de carburo de sílice No. 120 y 600**

**\* Paño**

**\* Óxido de aluminio**

**\* Microdurímetro Frank (Alemania) que tiene integrado un microscopio para observar las indentaciones y realizar las mediciones.**

**\* Microscopio Metalográfico con cámara integrada para microfotografías Leitz Wetzlar 663954 (Alemania).**

## **METODOLOGÍA**

### **Prueba de Esgurrimiento.**

**Las tres marcas comerciales de aleaciones para amalgama con alto contenido de cobre ( ANA 2000, ARTALLOY y LUXALLOY) se trituraron en un amalgamador Silamat, se utilizó como grupo control el tiempo de trituración recomendado por el fabricante y también se aumentó al 100 % este tiempo lo cual representa la sobretrituración.**

**El procedimiento para la realización de la prueba de esgurrimiento es el que sugiere la especificación No. 1 de la Asociación Dental Americana.**



**Siguiendo el siguiente esquema.**

**Preparación de las muestras para prueba.**

**Fin de la trituración** 00 seg.

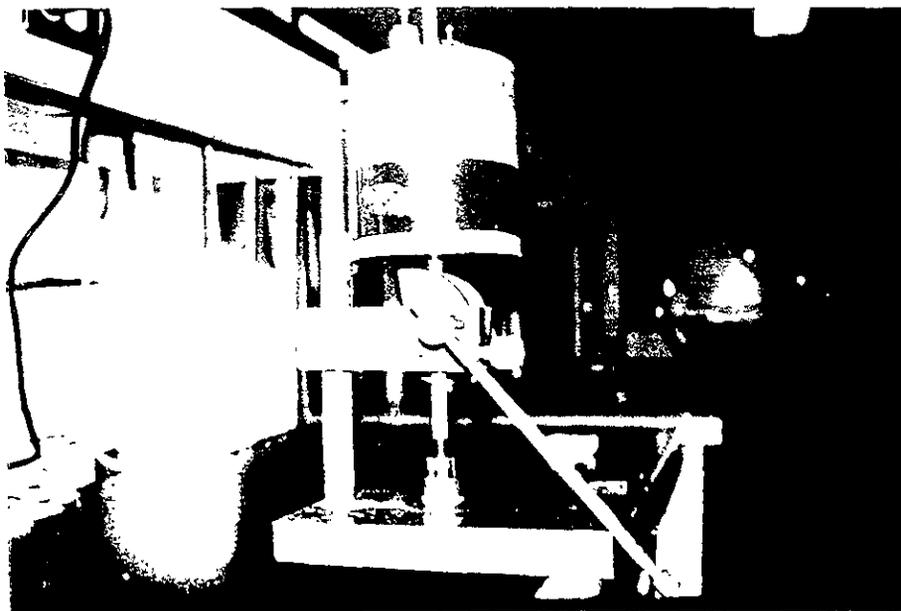
**Colocación de la masa triturada en el  
hacedor de muestras y aplicación de 14  
megapascales de carga.** 30 seg.

**Quitar la carga y retirar el espaciador** 45 seg.

**Aplicar la carga nuevamente** 50 seg.

**Quitar la carga** 90 seg.

**Eliminar los excedentes de mercurio y  
retirar la muestra** 120 seg.



**FOTO 1.** Se observa el hacedor de muestras bajo carga como lo indica la Especificación No. 1 de la A.D.A., durante la elaboración de las muestras de amalgamas.

Las muestras obtenidas son cilindros de 4 mm de diámetro y de 7.5 a 8 mm de altura. Se almacenaron a  $37 \pm 1^\circ \text{C}$  durante 7 días antes de someterse a la prueba de escurrimiento ya que en ese tiempo alcanza su máxima resistencia.

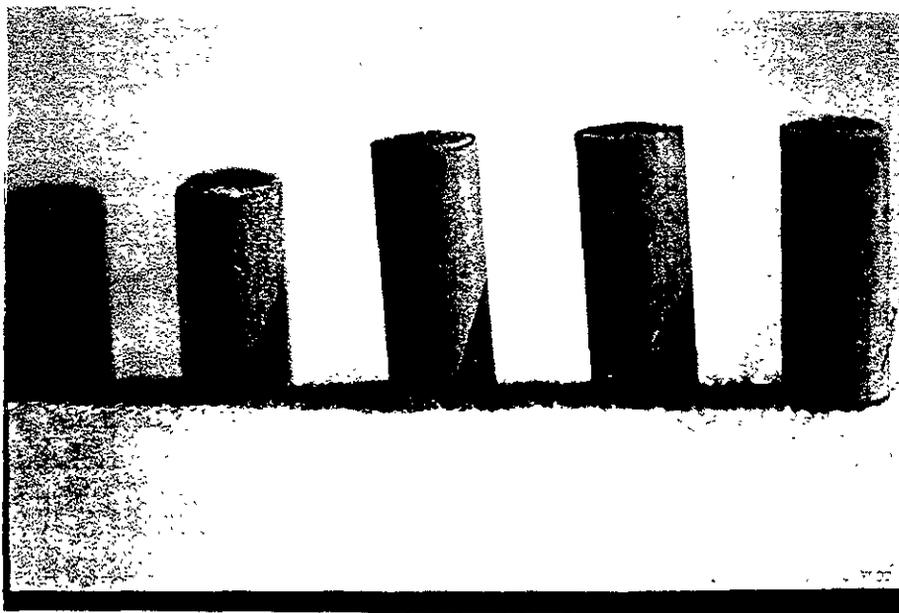
**Prueba.** Después de medir la longitud original de la muestra se le aplica carga estática equivalente a 36 Mpa (46.120 kg) durante 4 horas como mínimo dentro de una máquina de pruebas adecuada ya que deberá mantenerse a  $37 \pm 1^\circ \text{C}$ .

Al cabo de una hora bajo carga, la muestra es nuevamente medida (longitud original) y se vuelve a colocar bajo carga. La tercer medición se hace 3 horas después (longitud final).

El cambio de longitud entre la segunda y tercer medidas divididos entre la longitud original y multiplicado por 100 nos dará el porcentaje de escurrimiento (las mediciones de los cambios de longitud se hacen con un tornillo micrométrico).



**FOTO 2. Muestra de amalgama durante la prueba de Esguerramiento en una cabina con control de temperatura. Nótase la muestra bajo la carga.**



**FOTO 3. Muestras de amalgama después de la prueba de Esgurrimiento. La segunda muestra de izquierda a derecha corresponde a una amalgama sobretriturada.**

## **Prueba de Dureza.**

**Se emplearon las mismas muestras cilíndricas de amalgama para la prueba de dureza (2 muestras de cada una de las marcas). Las muestras se montaron en resina acrílica autopolimerizable para facilitar su manipulación durante el pulido.**

**Con un aparato y el papel de carburo de sílice bajo una corriente de agua constante se realizó el pulido de las muestras. A ese mismo aparato se le adaptó un paño, con la misma corriente de agua y además óxido de aluminio para obtener una superficie tersa de las muestras.**

**Para la prueba de dureza se utilizó el Microdurímetro que cuenta con una barra penetradora con punta de diamante y un microscopio para la observación y medición de las huellas, a cada una de las muestras se les realizaron 3 indentaciones, empleando una carga de 2 Kg durante 15 segundos.**

**La prueba de dureza es obligatoria para las aleaciones de oro para colado dental (Norma No. 5 de la A.D.A.) utilizando la prueba de dureza Vickers. Esta misma prueba se le realizó a la amalgama pero no es exigida por la Norma No. 1 de la A.D.A.**

## **8.5 RESULTADOS**

### **% DE ESCURRIMIENTO**

#### **TRITURACIÓN RECOMENDADA**

<b>No. DE MUESTRA</b>	<b>ANA 2000</b>	<b>ARTALLOY</b>	<b>LUXALLOY</b>
1	0.8140	0.0129	0.3040
2	0.1083	0.0390	0.1760
3	0.1910	0.1070	0.2810
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.3711</b>	<b>0.0530</b>	<b>0.2537</b>

#### **SOBRETRITURACIÓN**

<b>No. DE MUESTRA</b>	<b>ANA 2000</b>	<b>ARTALLOY</b>	<b>LUXALLOY</b>
1	0.1340	0.1762	0.1860
2	0.1590	2.6160	0.1820
3	0.1830	0.0669	0.2840
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.1587</b>	<b>0.9530</b>	<b>0.2173</b>

**PRUEBA DE DUREZA (PROMEDIO)**

**TRITURACIÓN RECOMENDADA**

No. INDENTACIÓN	ANA 2000	ARTALLOY	LUXALLOY
1	44.0000	51.0000	47.0000
2	36.5000	52.5000	47.0000
3	43.5000	52.0000	50.0000
4	42.0000	53.0000	47.0000
5	42.0000	55.5000	50.0000
6	43.0000	46.5000	48.5000
<b>PROMEDIO</b>	<b>41.8333</b>	<b>51.7500</b>	<b>48.2500</b>

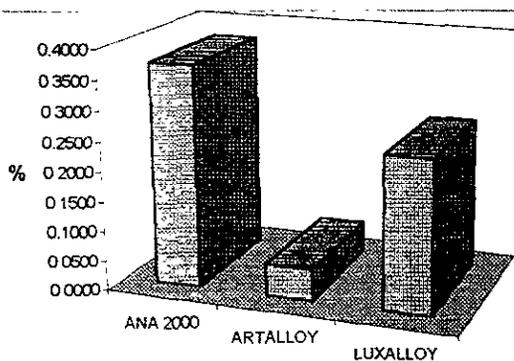
**SOBRETRITURACIÓN**

No. INDENTACIÓN	ANA 2000	ARTALLOY	LUXALLOY
1	48.0000	54.0000	46.0000
2	41.0000	53.5000	52.0000
3	43.0000	52.5000	45.5000
4	41.5000	49.5000	46.5000
5	41.5000	51.5000	48.5000
6	43.5000	51.0000	46.0000
<b>PROMEDIO</b>	<b>43.0833</b>	<b>52.0000</b>	<b>47.4167</b>

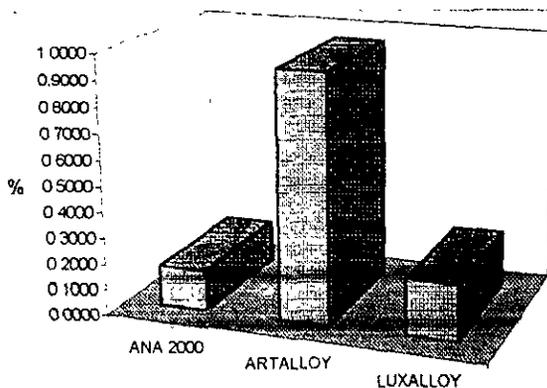
**PORCENTAJE DE ESCURRIMIENTO ( PROMEDIO )**

AMALGAMA	TRITURACIÓN RECOMENDADA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR			SOBRETRITURACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
ANA 2000	0.3711	±	0.3858	0.1587	±	0.0245
ARTALLOY	0.0530	±	0.0486	0.9530	±	1.4412
LUXALLOY	0.2537	±	0.0682	0.2173	±	0.0578

**TRITURACIÓN RECOMENDADA**

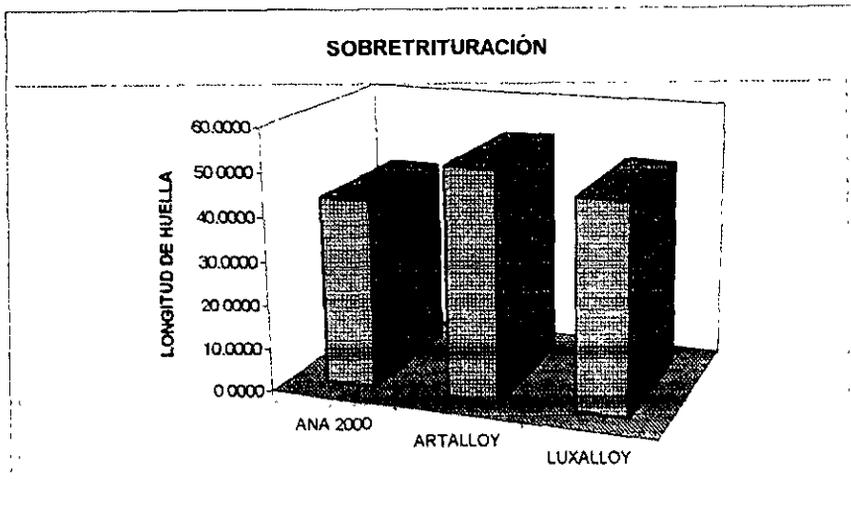
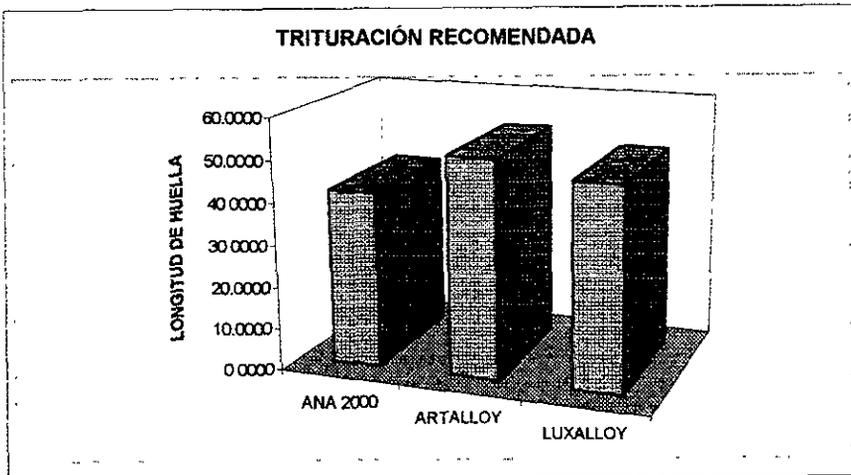


**SOBRETRITURACIÓN**



### PRUEBA DE DUREZA

AMALGAMA	TRITURACIÓN RECOMENDADA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR			SOBRETRITURACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
ANA 2000	41.8333	+	2.7325	43.0033	+	2.5965
ARTALLOY	51.7500	+	2.9791	52.0000	+	1.6733
LUXALLOY	48.2500	+	1.4748	47.4167	+	2.4782



## **8.6 CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación podemos concluir que modificar el tiempo de trituración influye en las propiedades físicas de la amalgama aunque estas sean de alto contenido de cobre. También es cierto que el porcentaje de escurrimiento no es igual de elevado para las tres marcas.

Es importante agregar que entre la lectura inicial y la lectura final no se encontró mucha diferencia en los valores de escurrimiento.

Se observó que en la trituración recomendada ANA 2000 presentó mayor porcentaje de escurrimiento seguida por LUXALLOY. ARTALLOY obtuvo la cifra más reducida de escurrimiento.

Con respecto a la sobretrituración ANA 2000 con porcentaje de escurrimiento menor, seguida por LUXALLOY y finalmente ARTALLOY, la que en trituración recomendada obtuvo los resultados más bajos en sobretrituración se coloca en el primer lugar con porcentaje de escurrimiento por arriba de las demás.

Es necesario mencionar que la consistencia de las amalgamas sobretrituradas fue demasiado plástica, lo que ocasionó una difícil manipulación en el momento de la condensación sobretodo con la marca ARTALLOY.

Para la prueba de Dureza localizamos la superficie de penetración en la muestra de amalgama que es en forma de pirámide de base cuadrangular y con la regla que ya está integrada en el microscopio medimos la longitud de vértice a vértice. La longitud más pequeña nos indica que la amalgama es más dura y por lo tanto la longitud más amplia nos indica menor dureza.

No se realizó la conversión a Vickers, lo cual era nuestro objetivo por no contar con las tablas de equivalencias.

Con los datos de las mediciones concluimos que tanto en trituración recomendada como en sobretrituración ANA 2000 fue más dura, a continuación LUXALLOY se podría clasificar como dureza intermedia y finalmente ARTALLOY que obtuvo el promedio más bajo de dureza.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. A.D.A. Specification No. 1 for Dental Amalgam. American Dental Association, sept. 1977.**
- 2. BAPNA M.S. Fracture toughness, diametrical strength, and fractography of amalgam and of amalgam to amalgam bonds. Dental Materials. January 1993. p.p. 51-55.**
- 3. GARMO. Materiales y Procesos de fabricación. 2a Edición, 1988, Edit. Reverté. Barcelona. p.p. 49-57.**
- 4. GUZMÁN B.H. Biomateriales Odontológicos de uso clínico. 1ra Edición, 1990. Edit. Cat. Colombia. p.p. 81-97.**
- 5. HAYDEN W. Propiedades Mecánicas. 1ra Edición, 1980. Edit. Limusa. México. p.p. 21-22.**
- 6. LAWRENCE E. Materiales y Procesos de manufactura para ingenieros. 3ra Edición, 1985. Edit. Practice Hall. México. p.p. 27-40, 53-60.**
- 7. MAHLER D.B. Factors Influencing the creep of dental Amalgam. J. Dent. Res. 70 (11), November 1991. p.p. 1394-1400.**
- 8. MAHLER D.B. Marginal Fracture of Amalgam Restorations. J. Dent. Res. July-August 1973. p.p. 823-827.**
- 9. Mc CABE J.F. Dynamic Creep of Dental Amalgam as a function of stress and number of Applied stress cycles. J. Dent. Res. 66 (8). August 1987. p.p. 1346-1349.**
- 10. MURCHINSON D.F. The effect of trituration time on the mechanical properties of four high-copper amalgam alloys. Dent. Mater. 5: 74-76, March, 1989.**
- 11. PALMA, BARCELÓ, QUINTERO. Normalización de productos dentales. Práctica Odontológica. 1990. p.p. 57-59.**

**12. PHILLIPS R.W. Ciencia de los materiales dentales de Skinner. 9a Edición, 1991. Filadelfia. p.p. 313-359.**

**13. REISBICK M.H. Materiales dentales en Odontología Clínica. 1ra Edición, 1985. Edit. El manual moderno. México. p.p. 1-19.**

**14. SÁNCHEZ. Resistencia a la Compresión y Escurrimiento de 2 aleaciones mexicanas de amalgama con alto contenido de cobre. Práctica odontológica. 1990. p.p. 35-38.**

**15. WILLIAMS P.T. Amalgam Margin Breakdown caused by Creep fatigue rupture. J. Dent. Res. 68 (7) July , 1989. p.p. 1188-1193.**