

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE DUREZA ROCKWELL
ENTRE RESINAS COMPUESTAS FOTOCURABLES, SEGÚN
TAMAÑO DE LA PARTICULA DE RELLENO, MÁS COMUNMENTE
USADAS EN LA PRACTICA PROFESIONAL ODONTOLOGICA, Y
DISPONIBLES EN EL MERCADO GUATEMALTECO.**

Tesis presentada por

ANGEL ANDRES CAICEDO MONTERROSO

**Ante el tribunal de la Facultad de Odontología de la Universidad de
San Carlos de Guatemala, que practicó el Examen General Público
previo a optar al título de**

CIRUJANO DENTISTA

Guatemala, Marzo de 2003

DL
09
T(1672)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Manuel Miranda Ramírez
Vocal Segundo:	Dr. Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Ricardo Hernández Gaitán
Vocal Quinto:	Br. Roberto Wehncke Azurdia
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Manuel Miranda Ramírez
Vocal Segundo:	Dr. Juan José Barrios Barrios
Vocal Tercero:	Dra. Mirna Calderón Márquez
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

ACTO QUE DEDICO

A Guatemala

A mis padres: Angel Andrés Caicedo Anchissi y
Amanda Judith Monterroso González,
por el esfuerzo, el amor y el apoyo
brindado durante toda mi vida.

A mis abuelos: Andrés Abelino Caicedo Ruiz (Q.E.P.D.)
Maria del Rosario Anchissi Cáceres (Q.E.P.D.)
Francisco José Monterroso Salazar (Q.E.P.D.)
Rosa Bertha González Castillo

A mi hermana: Amanda J. Beatriz Caicedo Monterroso

A mi sobrino: Francisco Andrés Guevara Caicedo

A mi familia en general

A mis amigas y amigos

TESIS QUE DEDICO

A Guatemala

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Odontología

A la Facultad de Ingeniería

A mi asesor: Dr. Juan José Barrios Barrios

Al pueblo de Livingston, Izabal

A todas las personas y entidades que colaboraron directa e indirectamente para hacer posible esta Tesis:

Dra. Mirna Calderón Márquez

Ing. Pablo C. De León Rodríguez

Sra. María Eugenia Guerra

3M Guatemala S.A.

Sr. Mario Méndez

Magno Dental S.A.

Dr. Francisco Javier J. Quiñónez

Coltène Internacional

Importadora y Exportadora Gil

Dr. Edgar Flores

Sr. Stephan Bruns

IMFOHSA

Sra. Beatriz Prado

Austenit

Plaid

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado "ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE DUREZA ROCKWELL ENTRE RESINAS COMPUESTAS FOTOCURABLES, SEGÚN TAMAÑO DE LA PARTICULA DE RELLENO, MÁS COMUNMENTE USADAS EN LA PRACTICA PROFESIONAL ODONTOLOGICA, Y DISPONIBLES EN EL MERCADO GUATEMALTECO". Conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al Título de CIRUJANO DENTISTA.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi asesor Dr. Juan José Barrios Barrios por su valiosa orientación en la realización de este trabajo.

Y a ustedes distinguidos miembros del Tribunal Examinador, reciban mis más altas muestras de consideración y respeto.

INDICE

Sumario.....	1
Introducción.....	3
Planteamiento del problema.....	5
Justificación.....	7
Objetivos.....	10
Revisión bibliográfica.....	12
-Historia.....	12
-Compositas.....	14
-Ventajas de la fotopolimerización.....	25
-Clasificación de las compositas.....	28
-Evolución de las compositas.....	34
-Propiedades de las compositas.....	37
-Biocompatibilidad.....	40
-Adherencia.....	42
-Dureza.....	45
-Estándares de calidad.....	49
-Compositas incluidas en este estudio.....	53

Variables.....57

Metodología.....58

Presentación de resultados.....63

Discusión de resultados.....67

Conclusiones.....68

Recomendaciones.....70

Limitantes.....71

Bibliografía.....72

Anexos.....74

SUMARIO

El presente estudio tuvo como propósito determinar y comparar la dureza superficial Rockwell, de las resinas fotopolimerizables de microrrelleno, híbridas y microhíbridas, utilizadas más frecuentemente por los odontólogos guatemaltecos.

Se evaluaron 15 grupos o lotes de resinas fotopolimerizables de diferentes tipos: Microrrelleno (3 marcas); Híbridas (6 marcas) y Microhíbridas (6 marcas). También se evaluaron muestras de esmalte dentario de 20 piezas extraídas, para comparar su dureza superficial con la de las resinas.

Se fabricaron probetas de las resinas, según las especificaciones del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para practicarles la prueba de dureza superficial Rockwell a las mismas. Esta prueba se realizó en los laboratorios de dicho centro.

Los resultados obtenidos mostraron que el tipo de resinas con mayor dureza superficial es el de las de relleno híbrido, seguidas por las microhíbridas y las de microrrelleno. También se llegó a la conclusión de que la dureza del esmalte es mayor que la de las resinas.

INTRODUCCION

Las resinas compuestas fotopolimerizables son una alternativa de obturación dental, de uso rutinario en la práctica de la odontología guatemalteca, razón por la cual, es muy importante y aconsejable tener información científica al adquirir un nuevo material de resina compuesta, con la idea fundamental de hacer una buena elección, para poder brindar el mejor servicio profesional. Por ello se hace necesario conocer la composición de las mismas, para determinar las propiedades intrínsecas, sean estas físicas, mecánicas, químicas, y así evaluar sus ventajas, desventajas, indicaciones y contraindicaciones de uso.

La dureza es una cualidad físico-mecánica de los materiales, la cual está relacionada y ligada a su vez con otras características de las resinas compuestas fotopolimerizables. La dureza indica la integridad estructural y el grado en que sus demás propiedades se comportarán. Ya que la dureza que tienen estos materiales se relaciona con la buena polimerización de éstos.

En este estudio determinamos el grado de dureza superficial de varias compositas dentales fotocurables, existentes en el mercado guatemalteco, utilizando el método Rockwell, efectuando comparaciones entre las mismas y así llegar a conclusiones válidas con respecto a la dureza de cada una de ellas.

Al mismo tiempo, se pretende que este estudio científico, sirva de guía y modelo para la realización de experimentos similares que estén relacionados con las propiedades de los materiales dentales utilizados en el campo odontológico guatemalteco.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la odontología moderna, llamada odontología adhesiva, la resina compuesta es el material de obturación de elección en la cavidad oral del ser humano. En el medio guatemalteco, contamos con diferentes marcas, tipos, y costos de resinas compuestas de uso dental, éstas provienen de Europa, Estados Unidos de América, e incluso de América del Sur, por lo que resulta difícil en muchos casos decidirse por cuál utilizar.

Hay que mencionar acá, que los criterios de selección de cuál resina compuesta utilizar por parte del odontólogo guatemalteco, están basados más en propaganda, costo, recomendaciones de colegas ó en investigaciones extranjeras, siendo lo indicado crear criterios en los odontólogos para la elección de un material en particular, que cumpla con las características adecuadas de biocompatibilidad requeridas.

La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución de enseñanza superior, entre sus objetivos principales se encuentra la investigación, no hay duda de que la hace propicia para conducir un estudio de esta naturaleza, además de contar con el equipo que más se adapta para realizar un tipo de estudio especial, sobre materiales dentales, como es el caso de éste estudio.

Adicionalmente, la realización de un estudio de este tipo sentará las bases para que se continúe en esa línea de investigación.

Siendo la dureza una de las características fundamentales de un material de obturación dental, es deseable que ésta sea semejante a la del esmalte. Ya que es una propiedad físico-mecánica indicativa de la calidad de la resina, se utilizará como parámetro de medición, y preguntaremos ¿qué resina fotopolimerizable de las que evaluaremos en este estudio cumple con los requisitos adecuados de dureza (similitud a la del esmalte dentario) para uso dental?

JUSTIFICACION

En Guatemala existe una gran variedad de productos ofertados para efectuar obturaciones dentales y este es el caso de las resinas compuestas fotopolimerizables. Lamentablemente la información proporcionada de las características y propiedades de las mismas, tiende a venir de fuentes parcializadas o de experiencias en condiciones no controladas, aunque debemos decir que en mucho de los casos, algunas resinas tienen el sello de certificación de la ADA (American Dental Association), lo cual les da una garantía de calidad. El hecho de no haber estudios previos -conducidos en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de la Facultad de Odontología relativos al tema en cuestión, evidencia la necesidad del mismo.

Tampoco existe una institución que analice objetivamente las características y propiedades de los materiales distribuidos en el país (control de calidad). Si bien es cierto que algunos países industrializados cuentan con más recursos para obtener resultados de investigación, éstos se nos proporcionan sin que haya una contraparte local de verificación.

Para lograr el fin indicado, en este estudio se consideró la dureza superficial de las resinas compuestas de uso más frecuente en Guatemala, para determinar su calidad estructural, utilizando para ello el método Rockwell –para obtener valores de dureza denominados con el mismo término-, pues es cuando la resina está polimerizada adecuadamente, cuando el material desempeña de una manera óptima sus cualidades mecánicas y físicas.

Se usó el método Rockwell por ser uno de los indicados para este fin, y porque es el único disponible (para este propósito en especial) en la Universidad de San Carlos de Guatemala (Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería), calibrado adecuadamente. Además se cuenta con el equipo, personal y la disposición para tales fines. También por ser la dureza de una resina compuesta indicador de una buena polimerización, y esto da lugar a un mejor desempeño de sus cualidades y trabajo en el sitio de aplicación.

La ADA y la ISO (international standards organization) requieren, para recomendar un producto, que el fabricante llene requisitos específicos y

haga pruebas de dureza en kg/mm² (en especial el método Knoop, por ser más específico a micro dureza), pero ya que el método Rockwell usa las mismas dimensionales (kilogramos de fuerza y área de indentación en milímetros cuadrados), y es el único al alcance en nuestro país, lo utilizaremos con la misma validez de resultados en este estudio.

Como resultado de la presente investigación, se podrán definir claramente las limitaciones de los recursos locales, y recomendar la implementación de lo que hace falta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar y comparar la dureza Rockwell (este método usa una bola de acero, con la cual se indenta la muestra, y la profundidad de esta indentación se estima mediante un disco graduado que tiene el instrumento; proporcionando así el número de dureza) de las resinas compuestas fotopolimerizables (de microrrelleno, híbridas y microhíbridas) utilizadas más frecuentemente por odontólogos guatemaltecos para obturaciones con la finalidad de evidenciar la calidad estructural de las mismas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

A. Determinar y comparar la dureza de las resinas compuestas fotopolimerizables de microrrelleno, de uso frecuente en Guatemala, con la dureza del esmalte.

- B. Determinar y comparar la dureza de las resinas compuestas fotopolimerizables de relleno híbrido, de uso frecuente en Guatemala, con la dureza del esmalte.
- C. Determinar y comparar la dureza de las resinas compuestas fotopolimerizables de relleno microhíbrido, de uso frecuente en Guatemala, con la dureza del esmalte.
- D. Comparar los resultados obtenidos de las muestras estudiadas, para conclusiones adecuadas.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. HISTORIA:

Las resinas compuestas aparecieron en el mercado odontológico como necesidad ante el fracaso de las resinas acrílicas sin carga basadas en los monómeros de metil metacrilato.

El tiempo demostró que la contracción de polimerización, su pobre resistencia al desgaste, su gran absorción acuosa, la filtración marginal y la pigmentación superficial fueron los problemas fundamentales del comportamiento clínico de las primeras resinas compuestas, por lo que ha sido necesario seguir desarrollando mejores propiedades físico-mecánicas de éstas.

Posteriormente se desarrollaron agentes de adhesión y trajeron verdaderos avances en el desenvolvimiento de las resinas epóxicas.

En la década de los cincuentas, en Alemania, Schmidt y Purrmann, desarrollaron el primer material resinoso compuesto, bajo el nombre P-Cadurit.

En el año 1959, R. Bowen en EEUU, patentó su famosa fórmula de Bowen, cuya composición resinosa es producto de la reacción al Bisfenol A del metacrilato de glicidilo.

2. COMPOSITAS: [14]

Una composita es un material heterogéneo formado por varios componentes, que posee cualidades superiores a las de cada uno de ellos.

Componentes: La composita se caracteriza por su estructura, que incluye lo siguiente:

- Una matriz orgánica (resina) que representa del 30 al 50% del volumen total del material.
- Una fase dispersa o matriz inorgánica considerada de alta resistencia mineral u organomineral, de granulometría y de porcentaje variables: el relleno
- Un agente adhesivo que permite la unión resina/relleno. De la calidad de esta interfase dependerá en gran medida el buen funcionamiento del material.

A esto, habrá que añadir los coadyuvantes, sustancias que influyen en

la reacción de polimerización (activadores, aceleradores e inhibidores) o bien que intervienen en la estética del material (estabilizadores: absorbentes anti-UV, pigmentos, etc).

A. Matriz:

La más frecuente es la de BIS-GMA o matriz de Bowen. El BIS-GMA se obtiene a partir de 3 moléculas de base: bisfenol A, alcohol glicídico y ácido metacrílico. Esta molécula tiene en el extremo de la cadena dobles enlaces que permitirán la polimerización de las moléculas de BIS-GMA entre ellas.

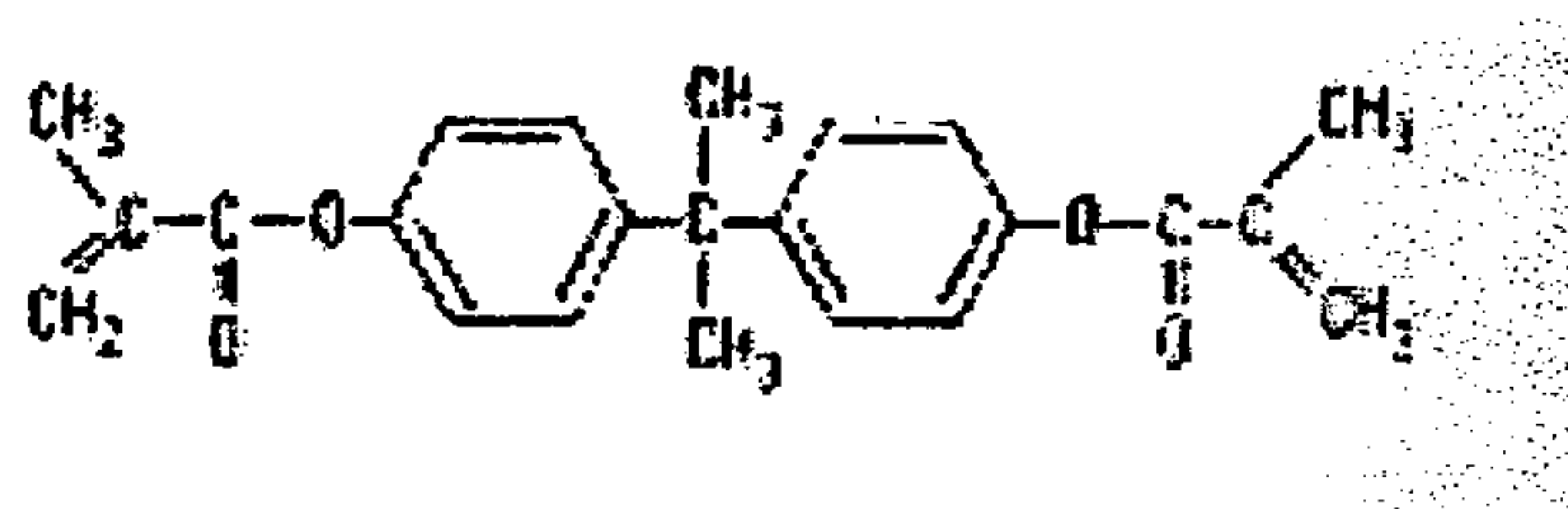


Figura 1. Molécula del BIS-GMA

Podemos destacar tres observaciones sobre esta molécula:

- La presencia de dos ciclos aromáticos confiere rigidez a la molécula.
- La presencia de dos radicales hidroxilo permite la formación de puentes hidrógeno que producirán una gran viscosidad.
- Únicamente encontramos dos radicales metacrílicos en los extremos de la cadena y, por lo tanto, las posibilidades de reticulación son bajas.

A partir de la molécula de BIS-GMA, se han ido haciendo progresos, encaminados a controlar estos parámetros:

- La supresión del alcohol glicídico implica la supresión de los radicales hidroxilos y por lo tanto, la viscosidad menos elevada.
- Los derivados metacrílicos del etilenglicol permiten suprimir los ciclos aromáticos y de esta forma reducir la rigidez de la molécula.
- Algunas matrices están compuestas por una asociación de BIS-GMA y un monómero que contiene uno o más radicales uretano.

Según la presencia de radicales cíclicos, de dobles enlaces o de radicales hidroxilo, amina o éter, o dependiendo de la longitud de las cadenas carbonadas, es posible modificar las propiedades de los siguientes parámetros: rigidez, viscosidad, hidrofobia, reticulación, adherencia y contracción de polimerización.

B. Relleno:

Su misión principal es conferir a la composita sus propiedades mecánicas y físicas. El vidrio, la cerámica o el cuarzo presentes en las primeras compositas, denominados tradicionales, presentan granulometrías superiores a los $0.1\mu\text{m}$: de 5 a $30\mu\text{m}$ para los considerados más antiguos y de 1 a $5\mu\text{m}$ para aquellos más recientes. Se trata de los macrorrellenos. La sílice coloidal, que representa la ventaja de ser fácilmente fragmentable, permite la obtención de partículas muy pequeñas, de tamaño inferior a $0.1\mu\text{m}$ ($0.04\mu\text{m}$ en muchos materiales en uso): son los microrrellenos.

Estos rellenos también se denominan frecuentemente aerosils, así como sílice pirolítico o pirógeno en relación con su forma de obtención. De hecho, el óxido de sílice debe hidrolizarse y precipitar a alta temperatura para poder ser micronizado. Además del tamaño, la forma también es variable.

Actualmente, la forma irregular es la más extendida, sobre todo para los macrorrellenos; los microrrellenos a menudo son redondeados o esféricos.

Esta pequeña granulometría no permite un buen relleno de la estructura orgánica, ya que la superficie desarrollada no puede ser muy grande.

De este modo aparecen diferentes procedimientos de tratamiento que permiten aumentar la densidad de relleno. Se obtienen así granulados, esferas o conglomerados compuestos de polímero endurecido en el laboratorio y después molido, incluyendo una gran cantidad de microrrelleno. Estos rellenos se denominan a

veces organominerales y su tamaño oscila entre 10 y 50 μm .

Este recubrimiento del relleno le confiere una mayor resistencia al arrancamiento y una buena capacidad de pulido ya que está intimamente ligado a la resina. Los microrrellenos y macrorrellenos pueden combinarse en el interior de una composita, que se denomina entonces <híbrido>. La ventaja de este tipo de composición es el aumento del porcentaje de relleno, lo que le confiere unas propiedades mecánicas y físicas superiores. Por lo tanto existen numerosas posibilidades de combinación, lo que justifica en gran parte el gran número de opciones comerciales.

C. Agente adhesivo:

La fase orgánica es la más dúctil y reparte y transmite las fuerzas hacia la fase mineral u organomineral que será la que resista la deformación.

La unión entre las dos fases es esencial; condicionará el buen comportamiento físico y mecánico, evitando la concentración de fuerzas.

En concreto, la superficie del relleno se trata con un agente adhesivo, generalmente silano, siendo el más frecuente el metacrilato-oxipropil-trimetil-silano. De este modo una molécula de silano puede desarrollar 3 enlaces con el relleno. El extremo de la cadena que posee el doble enlace permite la reticulación con la matriz de la composita. Estos enlaces son de tipo covalente.

D. Coadyuvantes:

Son sustancias que influyen en la reacción de polimerización.

D.1 Activadores: Las reacciones son de tipo químico o fotoquímico.

Se produce una apertura de los dobles enlaces del oligómero por mediación de radicales libres. Activación química

(autopolimerización): Se produce gracias a la presencia de

moléculas capaces de inducir radicales libres. Se agrupan en dos categorías:

- Hidroperóxidos y peróxidos.
- Compuestos nitrogenados.

La activación puede ser inhibida por el oxígeno del aire o por algunas moléculas como los fenoles (eugenol, hidroquinona), lo que contraindica el uso de cementos de óxido de cinc-eugenol bajo las compositas.

Activación fotoquímica (fotopolimerización): Se basa en el uso de fotones luminosos y ultravioletas que vehiculizan la energía. Para fotopolimerizar un monómero es necesario utilizar fotoactivadores que por efecto de la radiación producen radicales libres capaces de actuar sobre el monómero y desencadenar la reacción.

Los fotoactivadores más utilizados son los derivados de la benzoína, la benzofenona, la acetofenona y la dicetona.

Las compositas fotopolimerizables con UV contienen éter metílico de benzoína; sin embargo, la utilización de UV está desapareciendo actualmente a favor del uso de luz de longitud de onda mayor, próxima a los 450 nm, que presenta mejores resultados y carece de los efectos de fotosensibilización propios de los UV. La activación fotoquímica por luz blanca necesita la incorporación de un fotoactivador; se añade una dicetona o una

canforquinona (0.2%) a la matriz con una amina orgánica (0.1%). La energía luminosa emitida dentro de un espectro comprendido entre 420 y 460 nm excita la dicetona que se combina con la amina.

Seguidamente tiene lugar una disociación de dos radicales que inician la reacción. La ausencia de peróxido asegura una mejor estabilidad y, por tanto, una mejor conservación del material.

De forma general, la fotopolimerización permite la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de la composita, principalmente por la ausencia del mezclado. El catalizador y el acelerador pueden coexistir, ya que son inactivos, mientras no haya aporte de energía luminosa. Los materiales fotopolimerizables se presentan, por tanto, en una sola pasta.

Condiciones para una fotopolimerización correcta: Es necesaria

Una fuente luminosa que emita dentro de una gama de longitudes de onda que abarque la banda de absorción del

activador y también la frontera del ultravioleta, es decir, una gama comprendida entre 350 y 550 nm con una intensidad máxima localizada alrededor de los 480 nm.

Para ser efectivos, los generadores disponibles en el mercado deben funcionar en esta longitud de onda, que permite la polimerización correcta de una capa de 2 mm de espesor siempre y cuando la boquilla de la lámpara se dirija

perpendicularmente la superficie del material y se coloque a una distancia que no supere los 5 mm; es decir, en las cavidades profundas sólo el trabajo por capas asegura una polimerización adecuada.

En principio se recomienda realizar espesores inferiores a los 2 mm en las capas más profundas, y que la fuente luminosa puede estar situada más allá de los 5 mm por motivo de acceso. El tiempo de aplicación no debe ser inferior a los 20" en ningún caso y debe duplicarse para aquellos materiales que contengan

pigmentos oscuros u opacificantes, así como para materiales de alta densidad.

D.2 Inhibidores: Permiten controlar los períodos de inducción, asegurando así una mejor conservación del producto. Los inhibidores más utilizados son las quinonas.

3. VENTAJAS DE LA FOTOPOLIMERIZACION:

La fotopolimerización presenta numerosas ventajas; su único inconveniente real es de orden económico (coste de la lámpara). La ausencia de fotopolimerización en profundidad puede evitarse con el recurso de la técnica multicapas. La presentación en una sola pasta lista para su uso permite conseguir:

- Un material homogéneo.
- Ausencia de burbujas de aire y, por tanto, de porosidades, imposibles de evitar cuando es necesario hacer una mezcla. Las porosidades disminuyen las características mecánicas y estéticas de la composita.
- Una buena proporción entre el activador y la resina de base porque viene predeterminada por el fabricante.
- Mejores propiedades fisicoquímicas, especialmente mayor dureza y un mejor control de las variaciones dimensionales.
- Economización del material que hay que utilizar.
- Abanico de colores más amplio.

- Control del tinte de la composita que sale de la jeringa listo para uso, aunque se deba tener en cuenta siempre una ligera variación de color después de la fotopolimerización.

La fotopolimerización permite:

- El dominio del tiempo de trabajo.
- La disminución de la duración del acto operatorio (por eliminación del mezclado y del tiempo de polimerización).
- La reconstrucción por capas.
- La alternancia de colores.
- La combinación de materiales de densidades diferentes
- Los retoques.
- El maquillaje.
- En general, la mejora de propiedades mecánicas y estéticas.

Sin embargo, también tiene algunos inconvenientes asociados a la utilización de fuentes luminosas fotopolimerizables:

- Un ligero aumento de la temperatura en el diente que justifica el espaciamiento de las aplicaciones.
- Deslumbramiento del paciente y del profesional, importante en éste ultimo caso, dada la frecuencia de utilización. Se recomienda un sistema de protección (gafas especialmente destinadas para este tipo de luz), ya que la luz afecta la retina cuando las exposiciones son prolongadas.

4. CLASIFICACION DE LAS COMPOSITAS:

Se realiza en función de la fase de relleno que modifica las propiedades e interviene directamente en los criterios de elección. Se distinguen generalmente tres grupos:

- Compositas convencionales, tradicionales o macrorrelleno (1-30 μ m).
- Compositas de microrrelleno: homogéneos y no homogéneos (0.02-0.04 μ m).
- Compositas híbridas.

A. Compositas de macrorrelleno:

Contienen partículas de 5-30 μ m de diámetro para las más antiguas, y de 1-5 μ m para las más recientes. Estas resinas poseen unas características físicas y mecánicas generalmente consideradas como adecuadas, pero presentan una resistencia a la abrasión insuficiente y una mala capacidad de pulido, lo que da lugar al arrancamiento de partículas minerales en la superficie.

Esto determina una porosidad que será el origen de retenciones y de alteraciones en el color.

Las compositas convencionales modificadas presentan a la vez partículas más reducidas, de $8\mu\text{m}$ de media, y microrrelleno de sílice de $0.04\mu\text{m}$, pero la mejora de las características ha sido poco importante.

B. Compositas de microrrelleno:

Se caracterizan por su relleno de sílice coloidal que puede ser fraccionado en partículas de relleno muy pequeñas ($0.02\text{-}0.07\mu\text{m}$) que implican el desarrollo de una gran superficie, pero a su vez dejan sitio para un volumen importante de resina.

Esta presentación corresponde a los microrrellenos homogéneos. Las mejoras en estos materiales se deben al tratamiento de los rellenos; éstos quedan atrapados en el seno de los bloques de polímero, endurecidos previamente en el laboratorio y después

tritutados. Esta polimerización resinosa y este recubrimiento del relleno confieren al material una buena resistencia al arrancamiento y una excelente capacidad de pulido, ya que el relleno queda protegido por el polímero. La práctica totalidad de las compositas de microrrelleno son heterogéneos.

Dentro de su matriz, que puede ser un BIS-GMA, un diuretano o una combinación de ambos elementos, coexisten conglomerados organominerales y microrrelleno incorporado directamente al polímero. Las partículas de relleno prepolimerizadas se presentan en forma de granos regulares (1-200 μ m) o de esferas (20-30 μ m)[14]. También existen complejos inorgánicos sobre una base de microrrelleno.

Algunos autores distinguen tres subgrupos de las partículas:

- Compositas de partículas prepolimerizadas de forma poliédrica.
- Compositas de partículas prepolimerizadas esféricas.
- Compositas de partículas de aerosils conglomeradas.

Por el hecho de poseer una gran cantidad de resina (matriz orgánica), estos materiales presentan una buena translucidez.

Por su aspecto estético y por la posibilidad de conseguir un excelente pulido, es el material de elección para las restauraciones visibles que no tengan una implicación oclusal. La superficie desarrollada a nivel del relleno produce una gran viscosidad que imposibilita la incorporación de una cantidad de relleno mayor, a pesar de la adición de fluidificantes. Esta característica es aun más marcada en las compositas denominadas homogéneas, que se realizaron en principio pensando en la estética, pero que por este motivo no han tenido una mayor expansión.

C. Compositas híbridas:

Compositas híbridas simples: Contienen el macrorrelleno de las compositas tradicionales combinado con microrrelleno que rellena los espacios ocupados en las compositas tradicionales por la resina estos materiales alcanzan así una elevada densidad de carga.

Esta combinación permite ensamblar las cualidades propias de ambas categorías de compositas. Las propiedades fisicoquímicas y mecánicas mejoradas destinan a estos materiales a las restauraciones posteriores; sin embargo, la composita de elección para estas aplicaciones sería aquella en cuya relación relleno/resina considerada en volumen fuera mayor y, por lo tanto, la unión silábica fuera de una buena calidad. Estas compositas se clasifican en tres subgrupos:

- Con un relleno, en volumen inferior al 65% de macropartículas de tamaño mediano.
- Con un relleno en volumen inferior al 65%, de partículas más reducidas, inferiores a $2\mu\text{m}$. Suponen un buen compromiso entre las cualidades de las de microrrelleno y las híbridas altamente cargadas para las restauraciones de clase IV.
- Con un relleno en volumen igual o superior al 65%, de forma y dimensión variadas.

Compositas híbridas complejas: Contienen un relleno muy diversificado: micropartículas solas o conglomeradas, relleno convencional de pequeño tamaño y partículas prepolimerizadas en virutas o esféricas.

5. EVOLUCIÓN DE LAS COMPOSITAS: [12]

Las resinas son compuestos no metálicos, que se obtienen por síntesis (a partir de compuestos orgánicos) y pueden ser moldeados de diversas maneras y después endurecidos para uso comercial.

Originalmente eran desechos de laboratorio, residuos pegajosos que quedaban de ciertas reacciones orgánicas. En las cuatro o cinco últimas décadas, estos materiales resinosos, compuestos por moléculas gigantes, atrajeron la atención de los químicos, así nació el campo de los polímeros. De una manera u otra los odontólogos empezaron a usar muchas clases de polímeros sintéticos.

Las resinas empleadas para la restauración de dientes o estructuras dentarias perdidas son ejemplo de ello. Las resinas sintéticas se fueron imponiendo como materiales de restauración dentaria, fundamentalmente por sus propiedades estéticas. Las primeras restauraciones de resinas fueron incrustaciones y coronas de acrílico termocurable cementadas en cavidades talladas previamente

preparadas. Sin embargo, el bajo módulo de elasticidad y la falta de estabilidad dimensional de las resinas originaban la fractura del cemento, cuya consecuencia era la filtración y falla de la restauración. La fabricación del acrílico autocurado en los últimos años de la década de 1940, hizo posible la restauración directa de los dientes con resina.

Estas resinas permitían la combinación del monómero con el polímero, con lo cual se obtenía una masa plástica o un gel que se colocaba dentro de la cavidad tallada, donde se polimerizaba in situ. El uso de la resina acrílica para obturaciones dentarias fue tema de muchas controversias.

Ciertas propiedades, como sus cualidades estéticas y la insolubilidad la hacían superior al cemento de silicato. Por otro lado, otros defectos que le eran propios hacían dudar que sirviera como material de obturación.

Con los avances del polímero, las investigaciones han atendido al desarrollo de un sistema de resina mejorada para usarla como material de restauración; de preferencia una que tuviera unión adhesiva con la estructura del diente. Esto último ha llevado a la síntesis de nuevas resinas (sistema BIS-GMA) reforzadas mediante rellenos.

En general, las propiedades de estas resinas compuestas (o compositas), superan a las de las resinas acrílicas convencionales sin relleno. Por tanto, en la actualidad se usan este tipo de resinas, por sus propiedades y cualidades superiores.

Los requisitos que éstas deben cumplir, se mencionan en la especificación no. 27 de la American Dental Association, en cuanto a resinas para obturación directa. Las resinas sin rellenos se clasifican como tipo I y las compuestas como tipo II.

6. PROPIEDADES DE UNA COMPOSITA: [14]

Las propiedades de las compositas están determinadas por la naturaleza de sus tres componentes: el entramado de la fase orgánica, el porcentaje y tipo de relleno, y la calidad de los enlaces. No obstante, generalmente se considera como parámetro esencial la cantidad de fase de relleno, que condiciona las diferencias de las propiedades físicas y mecánicas.

A. Propiedades mecánicas:

- Resistencia a la compresión: Es muy importante sobre todo durante la masticación.
- Resistencia a la tracción: El comportamiento de esta propiedad se justifica una economía de tejidos a nivel de la amplitud de las preparaciones, y las retenciones.
- Módulo de elasticidad: Es la relación entre la tensión y la deformación; cuanto menor sea la deformación para una tensión dada, mayor es el valor del módulo de elasticidad y más rígido el

material. Esta propiedad es importante en clínica para el buen comportamiento de la interfase material/diente.

- Resistencia a la abrasión: Es el punto débil de las compositas. El desgaste se explica por la pérdida de sustancia en la matriz situada más en superficie, seguida por la exfoliación del relleno.
- Dureza: De esta propiedad se hablará más adelante y con más detalle.

B. Propiedades físicas:

- Expansión térmica.
- Contracción de polimerización.
- Absorción hídrica.
- Porosidad.

C. Propiedades estéticas:

- Color.
- Índice de refracción.

-Translucidez y opacidad.

-Capacidad de pulido.

D. Radiopacidad.

E. Propiedades biológicas:

-Toxicidad directa: ligada al material mismo

-Toxicidad indirecta: ligada a un defecto de metodología clínica.

-Tolerancia periodontal.

7. BIOCOMPATIBILIDAD: [10]

Muchos de los materiales empleados en odontología tienen la capacidad de modificar la actividad biológica cuando se ponen en contacto con los tejidos vivos. Junto con la comprensión de las propiedades físicas, mecánicas y químicas, es también necesario conocer las respuestas biológicas de los materiales dentales, en este caso, de las resinas compuestas fotopolimerizables.

La matriz de la resina contiene generalmente la combinación de bisfenol A y metacrilato de glicidilo (BIS-GMA) más una variedad de monómeros diluyentes. Los nuevos monómeros de dimetacrilato que han sido preparados para ser empleados en las resinas compuestas parecen tener baja toxicidad aguda. Sin embargo, algunos constituyentes del monómero residual de estos materiales de restauración parecen ser responsables de la irritación de la pulpa. Se recomiendan bases protectoras bajo todas las restauraciones de resina.

Los tejidos adyacentes pueden ser irritados por la superficie áspera que a veces se relaciona con las resinas que no son terminadas correctamente.

8. ADHERENCIA: [8,9]

La base de la adhesión es el grabado con ácido fosfórico (usualmente al 37%), que hace que la superficie del esmalte se vuelva retentiva, ya que forma microporosidades que miden entre 25 y 50µm de profundidad en la superficie adamantina.

Cuando una resina fluida de adhesión se coloca en esta superficie, la resina entra en las microporosidades y forma extensiones alargadas de resina (resin tags), de esta manera forma una relación profunda e íntima en la unión resina-esmalte, que es única en operatoria dental.

Esto es particularmente útil para prevenir la filtración marginal de las restauraciones. Se logra adhesión mecánica microscópica y eventualmente específica (al esmalte o dentina).

En el caso de la dentina o cemento, esto difiere. En estos tejidos menos calcificados existen cristales de hidroxapatita, pero en menor cantidad, no orientados en forma de varillas e incluidos en una trama

de fibras colágenas. Tratada esa superficie con ácido, sólo se logra eliminar parte de la hidroxiapatita, dejando la matriz de colágeno expuesta. Esta, por ser orgánica, no constituye una superficie apropiada para recibir el material de restauración. Además, en el caso de la dentina, una solución ácida, al disolver la dentina peritubular, provoca una apertura de los conductillos dentinarios en forma de embudo. Esto no sólo posibilita posteriores daños a nivel odontoblástico, sino que crea zonas microrretentivas utilizables.

Para este fin se usan líquidos con moléculas de doble capacidad de reacción: por un lado, con el calcio de la estructura dentinaria mediante grupos de ácidos convenientemente ubicados, y por otro, con el monómero líquido de las resinas para restauraciones, dejando así una barrera.

Antes de aplicar este material, es necesario considerar que el trabajo operatorio sobre la dentina con instrumentos rotatorios cortantes, provocan la aparición sobre ella de una capa que puede describirse como lodo dentinario (smear layer).

Esta capa puede eliminarse con ácidos o agentes quelante, sin embargo ello remueve la sustancia calcificada (hidroxiapatita) necesaria para la adhesión. Actualmente su usan alcoholes y acetonas que son sustancias menos perjudiciales.

9. DUREZA: [2, 3, 4,12]

La dureza de superficie es el resultado de numerosas propiedades. Algunas tienen estrecha relación entre sí.

Entre las propiedades que influyen en la dureza de cualquier material se hallan su resistencia a la tensión y/o compresión, límite proporcional, ductilidad, maleabilidad y resistencia a la abrasión y al corte.

En metalurgia y en muchas otras disciplinas, el concepto más aceptado es la "resistencia a la indentación o penetración". En este precepto se basan las pruebas de dureza más modernas.

A pesar de la falta de especificidad del término, el conocimiento de la dureza de los materiales es de gran utilidad para los ingenieros y proporciona información valiosa al odontólogo.

La importancia de esta propiedad es el hecho de que en muchas especificaciones de la American Dental Association estén incluidas pruebas de dureza. En el contexto de las compositas, es un parámetro de importancia porque condiciona el desgaste de la superficie.

Esta propiedad resulta esencial para las restauraciones posteriores, donde las fuerzas masticatorias son determinantes. Sin embargo la dureza varía en función de muchos factores que pueden mejorarla, como el porcentaje elevado de relleno, la matriz BIS-GMA de Bowen más que la de tipo uretano, y la fotopolimerización.

Hay muchas pruebas de dureza superficial. Con sólo algunas excepciones, se basan en la capacidad que tiene la superficie del material para resistir la penetración de una punta bajo determinada carga. Las pruebas utilizadas con mayor frecuencia para determinar la dureza son la Brinell, Rockwell, Vickers y Knoop.

La prueba Rockwell se usa una bola de acero, o en algunos casos, una punta cónica de diamante. La profundidad de la indentación se estima directamente mediante un disco graduado que tiene el instrumento. Primero, se hace trabajar el penetrador bajo carga estática de una magnitud determinada (carga menor) y se fija en cero el disco graduado. A continuación se aumenta la carga en cantidad conocida (carga mayor) y se mantiene durante cierto periodo. Se mide la profundidad de la indentación una vez que se redujo la carga mayor a la magnitud de la carga menor. Se dispone de una serie de puntas de indentación de diferentes tamaños para probar varios materiales. El número de dureza Rockwell que se abrevia RHN, se designa según la punta específica utilizada y la carga ejercida (Rockwell A, Rockwell B, Rockwell C, etc.). La conveniencia de la prueba de Rockwell, que permite la lectura directa de la profundidad de penetración, ha difundido su empleo en la industria.

Rockwell B Scale, 100-kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball	Vickers Hardness Number	Brinell Hard- ness, 3000- kgf Load, 10- mm Ball	Knoop Hard- ness, 500-g Load and Over	Rockwell A Scale, 60-kgf Load, Dia- mond Pen- etrator	Rockwell F Scale, 60-kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball	Rockwell Superficial Hardness			Rockwell B Scale, 100- kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball
						15-T Scale, 15-kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball	30-T Scale, 30-kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball	45-T Scale, 45-kgf Load, $\frac{1}{16}$ -in. (1.588-mm) Ball	
100	240	240	251	61.5	...	93.1	83.1	72.9	100
99	234	234	246	60.9	...	92.8	82.5	71.9	99
98	228	228	241	60.2	...	92.5	81.8	70.9	98
97	222	222	236	59.5	...	92.1	81.1	69.9	97
96	216	216	231	58.9	...	91.8	80.4	68.9	96
95	210	210	226	58.3	...	91.5	79.8	67.9	95
94	205	205	221	57.6	...	91.2	79.1	66.9	94
93	200	200	216	57.0	...	90.8	78.4	65.9	93
92	195	195	211	56.4	...	90.5	77.8	64.8	92
91	190	190	206	55.8	...	90.2	77.1	63.8	91
90	185	185	201	55.2	...	89.9	76.4	62.8	90
89	180	180	196	54.6	...	89.5	75.8	61.8	89
88	176	176	192	54.0	...	89.2	75.1	60.8	88
87	172	172	188	53.4	...	88.9	74.4	59.8	87
86	169	169	184	52.8	...	88.6	73.8	58.8	86
85	165	165	180	52.3	...	88.2	73.1	57.8	85
84	162	162	176	51.7	...	87.9	72.4	56.8	84
83	159	159	173	51.1	...	87.6	71.8	55.8	83
82	156	156	170	50.6	...	87.3	71.1	54.8	82
81	153	153	167	50.0	...	86.9	70.4	53.8	81
80	150	150	164	49.5	...	86.6	69.7	52.8	80
79	147	147	161	48.9	...	86.3	69.1	51.8	79
78	144	144	158	48.4	...	86.0	68.4	50.8	78
77	141	141	155	47.9	...	85.6	67.7	49.8	77
76	139	139	152	47.3	...	85.3	67.1	48.8	76
75	137	137	150	46.8	99.0	85.0	66.4	47.8	75
74	135	135	147	46.3	99.1	84.7	65.7	46.8	74
73	132	132	145	45.8	98.5	84.3	65.1	45.8	73
72	130	130	143	45.3	98.0	84.0	64.4	44.8	72
71	127	127	141	44.8	97.4	83.7	63.7	43.8	71
70	125	125	139	44.3	96.8	83.4	63.1	42.8	70
69	123	123	137	43.8	96.2	83.0	62.4	41.8	69
68	121	121	135	43.3	95.6	82.7	61.7	40.8	68
67	119	119	133	42.8	95.1	82.4	61.0	39.8	67
66	117	117	131	42.3	94.5	82.1	60.4	38.7	66
65	116	116	129	41.8	93.9	81.8	59.7	37.7	65
64	114	114	127	41.4	93.4	81.4	59.0	36.7	64
63	112	112	125	40.9	92.8	81.1	58.4	35.7	63

Figura 2. Tabla de conversiones de los diferentes métodos de medición de la dureza [4].

10. ESTANDARES DE CALIDAD: [8]

Las compositas fotopolimerizables están sujetas en los EEUU a la especificación de la American Dental Association, número 27, que las clasifica como tipo II; e internacionalmente, a la especificación número 4049 (ISO 4049).

La FDA (Federal Food and Drug Administration) de los EEUU, las define como:

“Las compositas dentales son artículos de prescripción clase II clasificados como resinas de diferentes tonalidades que se usan para restaurar lesiones cariosas o defectos estructurales en los dientes. Las compositas dentales tradicionales usadas para restauraciones directas estéticas consisten principalmente en una matriz de polímero y una fase dispersa de relleno inorgánico como refuerzo. Los polímeros típicamente usados se relacionan con el dimetacrilato, por ejemplo, el BIS-GMA o el dimetacrilato de uretano (UDMA). El cuarzo, alúminosilicato de litio, y los vidrios de bario, estroncio y cinc se han

distribuido comercialmente como relleno inorgánico. Las compositas dentales se pueden clasificar también por el tamaño de la partícula y el porcentaje de distribución del relleno, el cual puede contener partículas finas e irregulares de 0.5 a 5 μm de diámetro, partículas microfina con un diámetro de 0.04 a 0.2 μm , o mezclas (híbridos) de estas partículas. Las compositas dentales se consiguen usualmente en sistemas de pasta única en una jeringa o en compules, y con menor frecuencia en sistemas de dos pastas en diferentes frascos.”

Para poder sacar al mercado estadounidense una nueva composita, la FDA exige que se llenen ciertos requisitos, que incluyen:

- Descripción específica del producto: Indicar la clasificación según la ADA de la resina, describir las indicaciones clínicas (usos en operatoria, clases de obturaciones y si es para el sector anterior o posterior), sistema de polimerización, si es de una o dos pastas (base y catalizador), especificar el tipo de composita según su relleno y proveer una tabla que compare las similitudes y diferencias de productos legalmente en el mercado dental (uso, composición

química, características físico-mecánicas, seguridad y efectividad).

- **Identidad química:** identificar los componentes del producto en porcentajes hasta llegar al 100%. Especificar la función de cada componente, proveer el nombre específico del químico, señalar si contiene algún pigmento o colorante y proveer datos de seguridad de uso de cada componente.
- **Propiedades físico-mecánicas:** Hacerle las siguientes pruebas:
Resistencia a la compresión (MPa); porcentaje de encogimiento después de la polimerización; tiempo de trabajo en minutos; grosor de película (μm); fluidez ($\text{mm}^2/30$ segundos); desgaste ($\mu\text{m}/10^5$ ciclos); absorción de agua (mg/cm^2) a 37°C por 7 días; coeficiente de expansión termal ($10^{-6}/^\circ\text{C}$); dureza (kg/mm^2); resistencia a la compresión tangencial (MPa); resistencia a la flexión (MPa); módulo de Young (MPa); y radiopacidad (mm de aluminio). Esto se presenta junto con la metodología que se uso, y los resultados comparados con los estándares de la ADA (No. 27) o la ISO (No. 4049).
- **Resultados sobre exámenes de biocompatibilidad:** Siguiendo los estándares para este fin, de la ISO (No. 10993), que incluyen: citotoxicidad in vitro; examen de mutagenicidad de Ames; Irritación de

membranas mucosas; examen de sensibilización en cobayos; y carcinogenicidad.

- Etiqueta: Debe ser clara, precisa y correcta.

11. COMPOSITAS INCLUIDAS EN EL PRESENTE ESTUDIO:

A. COMPOSITAS DE MICRORRELLENO:

A.1 3M (procedencia, EEUU)

- *A110*: Composita de microrrelleno

A.2 Vigodent (procedencia, Brasil)

- *Helio Fill*: Composita de microrrelleno, con relleno de dióxido de silicio.

A.3 Vivadent (procedencia, Liechtenstein)

- *Heliomolar*: Composita de microrrelleno

B. COMPOSITAS HIBRIDAS:

B.1 Coltène (procedencia, Suiza)

- *Brilliant*: Composita híbrida, a base de BIS-GMA, BIS-EMA y TEGDMA; relleno de vidrio de bario silanizado, y ácido

silícico amorfo hidrofobizado.

B.2 3M (procedencia, EEUU):

- *Z100*: Composita híbrida, a base de BIS-GMA y TEGDMA; relleno a base de circonia/sílice en un 66%.
- *Z250*: Composita híbrida, a base de BIS-GMA, UDMA y BIS-EMA, con relleno a base de circonia/sílice en un 60%.
- *P60*: Composita híbrida a base de UDMA y BIS-EMA

B.3 Rite-Dent (procedencia, EEUU):

- *Rite-Dent*: Composita híbrida

B.4 Dentsply (procedencia, EEUU):

- *TPH Spectrum*: Composita híbrida con matriz de resina a base de BIS-GMA, BIS-EMA y TEGMA, relleno es una combinación de vidrio de silicatos de bario, aluminio y boro, también sílica coloidal.

C. COMPOSITAS MICROHIBRIDAS:

C.1 Coltène (procedencia, Suiza):

- *Synergy*: Composita micro-híbrida de alto relleno, a base de BIS-GMA (bisfenol A diglicidil metacrilato), BIS-EMA (bisfenol A dietoxi metacrilato), TEGDMA (triétilenoglicol dimetacrilato); con relleno a base de vidrio de estroncio silanizado, vidrio de bario silanizado, y ácido silícico amorfo hidrofobizado.

C.2 Kerr (procedencia, EEUU):

- *Herculite XRV*: Composita micro-híbrida con 77% de relleno.
- *Prodigy*: Composita micro-híbrida, 79% de relleno.
- *Herculite Point 4*: Composita micro-híbrida, resina a base de BIS-GMA y TEGDMA, con 76% de relleno a base de aluminoborosilicato de bario, óxido de cinc, y dióxido de silicio.

C.3 Vigodent (procedencia, Brasil):

- *Fill Magic*: Composita micro-híbrida, resina TEGMA 40%, relleno, vidrio de bario que comprende un 80% del peso.

C.4 Vivadent (procedencia, Liechtenstein):

- *Tetric*: Composita micro-híbrida a base de BIS-GMA, UDMA y TEGDMA (20.2% del peso) con relleno a base de vidrio de bario, dióxido de silicio, etc. (79% del peso).

VARIABLES:

Variable	Definición	Operacionalización
Resina Compuesta Fotocurable	Ver página 14	Se determinará si la dureza
Tipo de composita clasificada		Rockwell obtenida es próxima
en base a su relleno inorgánico		a la del esmalte dentario.
microrrelleno	Ver página 29	
híbrida	Ver página 31	
microhíbrida	Ver página 32-33	

METODOLOGIA

1. **Determinación de las marcas comerciales de composita a usar:**
Después de consultar con los distribuidores comerciales de artículos dentales se decidió usar las siguientes marcas: 3M/Espe; Kerr; Caulk/Dentsply; Whaledent/Coltène; Rite-Dent; Vigodent e Ivoclar/Vivadent.
2. **Determinación la dureza Rockwell del esmalte dentario.** Se tomaron muestras de 2mm por 6mm del esmalte de las coronas de 20 (veinte) molares recientemente extraídas (tercio oclusal de una de las cúspides), y se les realizó la prueba de dureza Rockwell. Se anotaron los resultados, y se promediaron las durezas obtenidas, para tener de esta manera, un dato confiable. Esto se hace con el objetivo de tener una referencia con la que se puedan comparar los resultado de dureza Rockwell de las diferentes resinas.
3. **Muestra:** Después de haber determinado el tipo de resina compuesta fotopolimerizable a estudiar (según su relleno inorgánico), se sacó una

muestra de cada una de ellas para llevar a cabo el presente estudio. Cada marca o denominación constituye por sí un universo indeterminado o infinito para fines prácticos; por lo tanto, como segundo paso, se definió el número de ensayos que conformaran la muestra representativa y confiable. Para lo anterior, se consultaron varios textos, bibliografía y expertos en el tema [17], con lo cual se llegó a la siguiente conclusión: Existen varias fórmulas para calcular el tamaño de la muestra. Todas ellas involucran a la desviación estándar o la varianza del universo, datos estadísticos desconocidos en este caso. Siendo así, el procedimiento utilizado en estos casos, es el siguiente; "las fórmulas desarrolladas usan la relación entre el tamaño de la muestra y el del universo. Cuando el universo tiende a ser infinito, la relación n/N (n = tamaño de la muestra, N = tamaño del universo, en este caso $N = \infty$) tiende a ser cero, por lo cual, el término puede ser despreciado; así mismo, el error estadístico [1]. Se ha verificado entonces que el tamaño de la muestra puede ser de 30, sin que por ello se introduzca variación apreciable en el resultado estadístico. Así queda establecido el límite mayor. Por otro lado, cuando el material ensayado es homogéneo, como por ejemplo los

metales, la muestra deseable puede ser de 3, lo que establece el límite inferior. Siendo las compositas del estudio materiales heterogéneos (por definición, compuestos), y el máximo es de 30, se puede variar entre ambos extremos, atendiendo a ciertos criterios. Estos pueden ser el costo del material, su disponibilidad y proceso de obtención de las probetas". Por necesidad del equipo a usar en los ensayos, y del material mismo, se usaron probetas de determinadas dimensiones, curadas en moldes adecuados. Se considera 10 como el número ideal para constituir la muestra de cada tipo de composita.

4. Probetas: El tamaño de las probetas está previamente determinado por el equipo existente en el laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería; éste requiere que sean cilindros con dimensiones de 9mm de diámetro por 2mm de altura. Por razones de estandarización se usó resina de color A3 (escala Vita) en cada uno de los casos.
5. Obtención de las probetas: Se fotopolimerizaron en moldes manufacturados según el tamaño antes descrito (anexo 2), por un tiempo de 40 segundos. Se hizo en planchas de 124mm por

98mm, en acero, perforadas en filas de 3x4 perforaciones, las cuales se pueden separar por la mitad, para poder así liberar las probetas. Las perforaciones cilíndricas han de ser muy lisas y pulidas para obtener probetas de forma perfectamente cilíndricas. En el momento de la fabricación de las probetas se colocó una lámina de celuloide en el fondo de la perforación. Se utilizará una lámpara de fotocurado marca Coltène (Coltolux 50), con una luz de intensidad de 450 mW / mm².

6. Prueba de dureza superficial Rockwell: Una vez obtenidas las muestras de cada una de las compositas a usar, se llevaron al laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se les hizo la prueba de dureza superficial HR15T, donde 15 es el peso en kilogramos y T es el tamaño de la bola (1/16'). Cada probeta de las muestras se colocó debajo de un penetrador (en este caso una bola de acero), sobre la cual se carga un peso determinado para este caso (carga menor), y se gradúa el disco en cero, así estará calibrado el instrumento para llevar a cabo la prueba. Seguidamente se aumenta la carga en una cantidad predeterminada (carga mayor), y se

mantiene durante cierto período de tiempo. Se mide la profundidad de la indentación con el dispositivo para medir dureza Rockwell una vez retirada la carga mayor y es en este momento cuando se determina el número de dureza Rockwell (RHN) del material examinado. Hay que tomar en cuenta que cada número Rockwell obtenido representa 0.01 milímetros.

7. Anotación de datos en la boleta diseñada para este caso (anexo 1).

A cada probeta de una marca en específico que se le hizo la prueba de dureza Rockwell, se le anotó el resultado en las casillas que tienen número (relativo al orden en que se hacen las pruebas), que corresponden al renglón del lote en cuestión (el cual está identificado por una letra asignada, para evitar sesgos).

8. Se procedió a tabular los datos obtenidos para su respectiva presentación. Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de los mismos para luego realizar la interpretación, discusión, comparación con la dureza Rockwell de esmalte, recomendaciones, limitaciones y conclusiones.

PRESENTACION DE RESULTADOS

Tabla No. 1

Dureza Rockwell de resinas compuestas fotopolimerizables de microrrelleno. Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.

Resinas de microrrelleno		Dureza Rockwell obtenida en cada muestra, por lote					
		1	2	3	4	5	promedio
3M A110	(lote I)	78	79.5	78	80	80	79.1
Helio Fill	(lote L)	78.5	76	79.5	79	79	78.4
Helio Molar	(lote D)	66	65	67	67	66	66.2

Pruebas realizadas en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En los tres casos, se encontró que la dureza superficial obtenida no sobrepasa los 80RHN. El lote I y el L tienen resultados muy similares, mientras que el lote D obtuvo un resultado considerablemente más bajo. Esta resina compuesta de microrrelleno (lote D), es la que presentó menor dureza dentro del estudio realizado.

Tabla No.2

Dureza Rockwell de resinas compuestas fotopolimerizables microhíbridadas.
Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
2003.

Resinas Microhibridas		Dureza Rockwell obtenida en cad muestra, por lote					
		1	2	3	4	5	promedio
Herculite XRV	(lote N)	83	83	83.5	84	83.5	83.4
Fill Magic	(lote O)	82	82.5	81.5	83	82.5	82.3
Prodigy	(lote K)	82	81.5	80.5	81	81.5	81.3
Point 4	(lote J)	81.5	80	81	80	81	80.7
Synergy	(lote G)	80.5	81	80	79	80	80.1
Tetric	(lote E)	79	79	78.5	77.5	79	78.6

Pruebas realizadas en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De las resinas microhíbridadas estudiadas, se observó que éstas presentaron resultados similares entre si. En promedio este tipo de resinas tiene una dureza mediana.

Tabla No. 3

Dureza Rockwell de resinas compuestas fotopolimerizables híbridas.
Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
2003.

Resinas Híbridas		Dureza Rockwell obtenida en cada muestra, por lote					
		1	2	3	4	5	promedio
Z100	(lote A)	90	89	90	90	89	89.6
P60	(lote H)	85	86	85	84	85	85
Z250	(lote C)	83	85	84	83.5	84	83.9
TPH Spectrum	(lote M)	82	83	84.5	82	82	82.7
Rite Dent	(lote B)	82	81	80	81	80.5	80.9
Brilliant	(lote F)	80.5	81	81.5	80	81	80.8

Pruebas realizadas en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De las seis pruebas realizadas en resina compuesta híbrida, cinco resultados están dentro del rango 80-85 RHN, mientras que la sexta (lote A) arrojó un resultado considerablemente más alto.

Se observó que el lote A es la de más dureza Rockwell dentro del estudio realizado.

Tabla No. 4

Dureza Rockwell del esmalte dentario de veinte molares recientemente extraídas. Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.

Lote	Numero de muestra					
	1	2	3	4	5	promedio
Lote A	98	98.2	96.5	97.3	97.8	97.56
Lote B	96	96	98	96.7	96.5	96.64
Lote C	99.5	98	97.8	97.5	98	98.16
Lote D	96	98	96.5	97.5	96	96.8
Lote E	97	96.8	98.5	96.2	97	97.1
Lote F	96.5	96.5	95.2	96.5	97	96.34
Lote G	98	99	99.3	98.5	98.8	98.72
Lote H	97.5	98	98.5	97	97.5	97.7
Lote I	97	96.8	96.7	97.5	96.8	96.96
Lote J	96.6	98	97.5	97	98.2	97.46
Lote K	98	98.5	98	98	98	98.1
Lote L	98.5	97.6	98	96.8	97	97.58
Lote M	99.6	99	99.5	98	98	98.82
Lote N	96	97.5	97	96	96	96.5
Lote O	95	96.5	96	98	98	96.7
Lote P	98.6	96	96.2	97	97.5	97.06
Lote Q	98	98.5	97.5	98.5	98	98.1
Lote R	98	99	98	97.5	98	98.1
Lote S	98.5	98	99.5	98	99.5	98.7
Lote T	98.6	98	98.5	98	98	98.22
promedio total:						97.566

Pruebas realizadas en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados se analizaron con la prueba estadística de chi cuadrado (χ^2), que es la medida de la discrepancia existente entre las frecuencias observadas y las esperadas.

Para el análisis de χ^2 se usaron las siguientes hipótesis estadísticas (las cuales son usadas en este tipo de estudio): H_0 (Hipótesis Nula), y H_a (Hipótesis Alternativa). En este caso H_0 corresponde a lo siguiente: La dureza superficial del esmalte no es igual a la dureza superficial de las resinas incluidas en este estudio; y H_a corresponde a: La dureza superficial de las resinas es igual a la dureza superficial del esmalte.

Para los datos de dureza superficial Rockwell obtenidos en el estudio, el valor χ^2 se ubica en el área de aceptación de la hipótesis nula (H_0), con lo cual se interpreta que, a pesar de las diferencias de dureza superficial encontradas en cada lote de resinas, ninguna de los tres tipos de resina estudiadas (microrrelleno, híbridas y microhíbridas) alcanza una dureza superficial igual a la dureza superficial del esmalte.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de dureza Rockwell obtenidos para cada lote de resina estudiado, evidencian que cada tipo de resina tiene número de dureza Rockwell (RHN) diferente, que de mayor a menor nos permite ubicarlas como sigue (según su relleno inorgánico):
 - 1o. Híbridas;
 - 2o. Microhíbridas;
 - 3o. Microrrelleno.
2. A pesar de las diferencias encontradas en cada lote de resinas, ninguna de los tres tipos (híbridas, microhíbridas y microrrelleno) alcanza una dureza superficial igual a la dureza superficial del esmalte.
3. Los valores de dureza superficial Rockwell (RHN) obtenidos y el análisis estadístico de los mismos indican que las resinas de este estudio son materiales cuya dureza superficial, aunque no la alcanza, se acerca a la del esmalte dentario, es decir, que por esta

característica (RHN) puede considerarse que son materiales, desde el punto de vista clínico, adecuados para soportar las fuerzas de la masticación.

RECOMENDACIONES

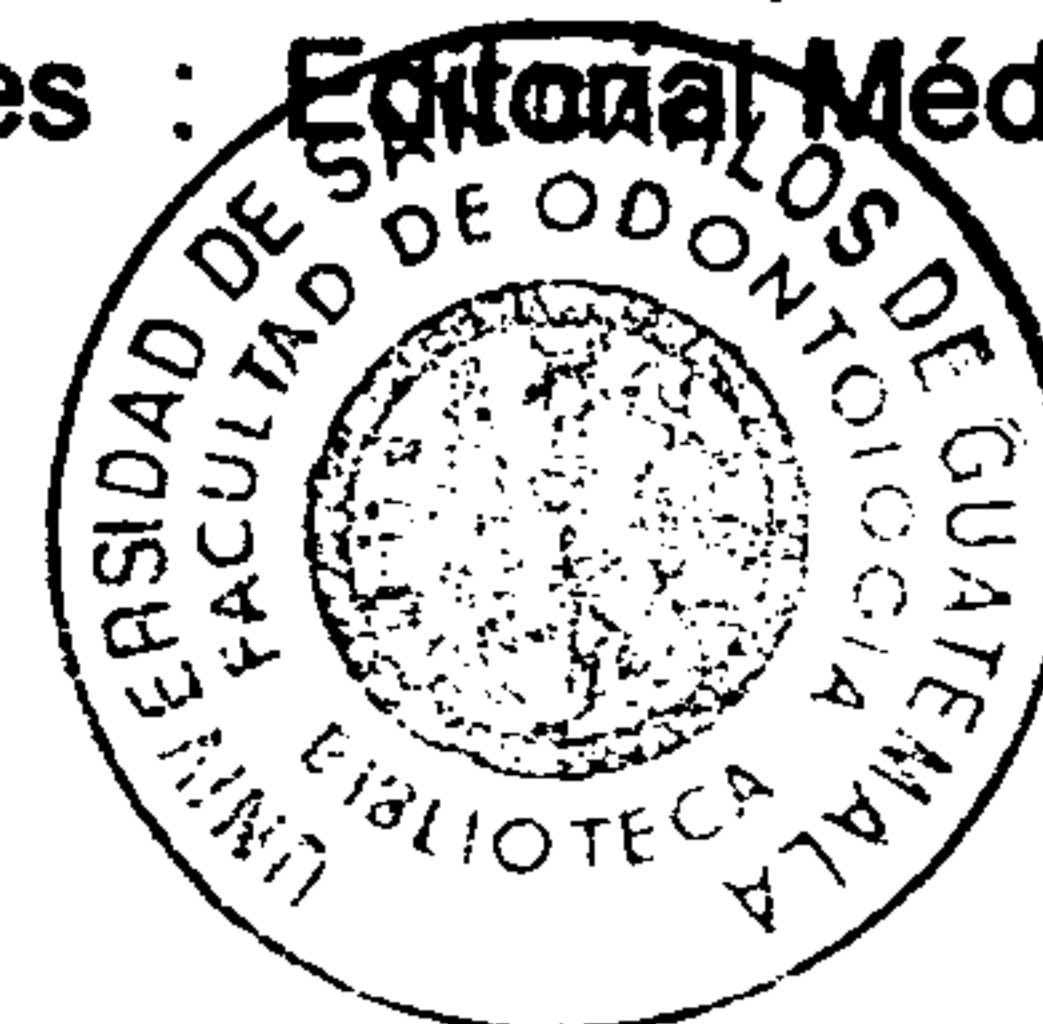
1. Priorizar el uso de resinas compuestas fotopolimerizables de relleno híbrido, por su dureza superficial.
2. Darle seguimiento a este estudio, con materiales nuevos que salgan al mercado guatemalteco.
3. Hacer pruebas análogas con los diferentes materiales de obturación no contemplados en este estudio.

LIMITANTES

1. En Guatemala y especialmente en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, es difícil encontrar el equipo adecuado para realizar pruebas para materiales dentales.
2. El equipo existente en otros laboratorios está diseñado para probetas de mayor tamaño; por lo que hubo que ajustarlas para la presente investigación.
3. El costo de los moldes que sirvieron para fabricar las probetas de resina fotopolimerizable fue muy elevado, ya que se hicieron específicamente para esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Abad, Adela.-- Introducción al muestreo.-- 2ª ed.-- México : Limusa, 1986.-- pp. 82.
2. Anderson, J. C.-- Ciencia de los materiales / J. C. Anderson ; trad. por Sergio Fernández Everest.-- 2ª ed.-- México : Limusa, 1986.-- pp. 45-59.
3. Askeland, Donald.-- Ciencia e ingeniería de los materiales / Donald Askeland ; trad. por J. Gonzalo Guerrero Zepeda.-- 3ª ed.-- México : International Thompson, 1998.-- pp. 93-112.
4. Avner, Sydney.-- Introducción a la metalúrgica física / Sydney Avner ; trad. por José Luis Estrada.-- 2ª ed.-- México : McGraw-Hill, 1988.-- pp. 231-254.
5. Burdairon, Gerald.-- Manual de biomateriales dentarios / Gerald Burdairon ; trad. por Angel F. Espías Gómez, José María Vega del Barrio.-- Barcelona : Masson, 1991.-- 305p.
6. Castillo Samayoa, Julio.-- Análisis cualitativo de las obturaciones para resinas compuestas clase III y clase V realizadas por los estudiantes de 4º y 5º grado en las clínicas de la facultad de odontología de la universidad de San Carlos de Guatemala.-- Tesis (Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1985.-- 55p.
7. Craig, Robert G.-- Dental materials: a problem oriented approach.-- Saint Louis : Mosby, 1978.-- 275p.
8. Esthetic composite bonding: techniques and materials / Ronald Jordan... [et al.].-- Toronto : B.C. Decker, 1988.-- 376p.
9. Macchi, Ricardo Luis.-- Materiales dentales: fundamentos para su estudio.-- 2ª ed.-- Buenos Aires : Editorial Médica Panamericana, 1988.-- 126p.
10. O'Brien, William J.-- Materiales dentales y su selección / William J. O'Brien, Gunnar Ryge ; trad. por Ricardo Luis Macchi.-- Buenos Aires : Editorial Médica Panamericana, 1980.-- 327p.

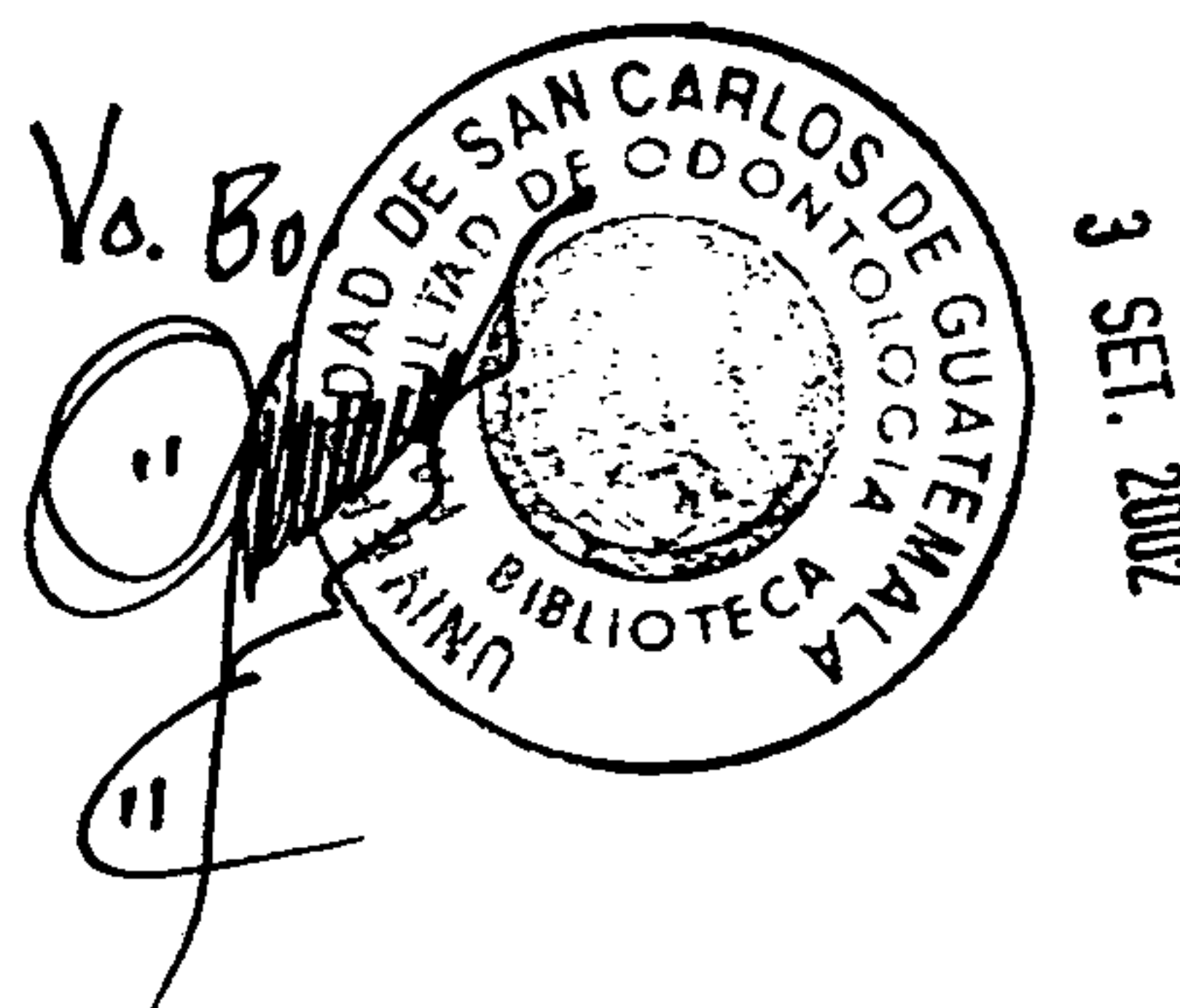


3 SET. 2002

11. Peyton, Floyd.-- Materiales dentales restauradores / Floyd Peyton, Robert Craig ; trad. por Ricardo Luis Macchi.-- Buenos Aires : Mundi, 1974.-- 533p.
12. Phillips, Ralph W.-- La ciencia de los materiales dentales de Skinner / Ralph W. Phillips ; trad. por María de Lourdes Hernández Cázares, Gladis López de Fontoura.-- 8ª ed.-- México : Interamericana, 1986.-- 676p.
13. Pulido San Román, A.-- Estadística y técnicas de investigación social.-- 6ª ed.-- Madrid : Ediciones Pirámide, 1986.-- 126p.
14. Roth, Francoise.-- Los composites / Francoise Roth ; trad. por Maria Pie Juste.-- Barcelona : Masson, 1994.-- 244p.
15. Smith, Bernard G. N.-- Utilización clínica de los materiales dentales / Barnard G.N. Smith, Raul S. Wright, David Brown ; trad. por Natalia Azanza Santa Victoria .-- Barcelona : Masson, 1996.-- 314p.
16. Uribe Echevarría, Jorge.-- Operatoria dental ciencia y práctica.-- Madrid : Ediciones Avances Médico-Dentales. 1990.-- 385p.

REFERENCIAS PERSONALES

17. Bracamonte, Edwin.-- Muestreo.-- (Ingeniero Industrial). Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Guatemala.-- 31 de julio del 2002.

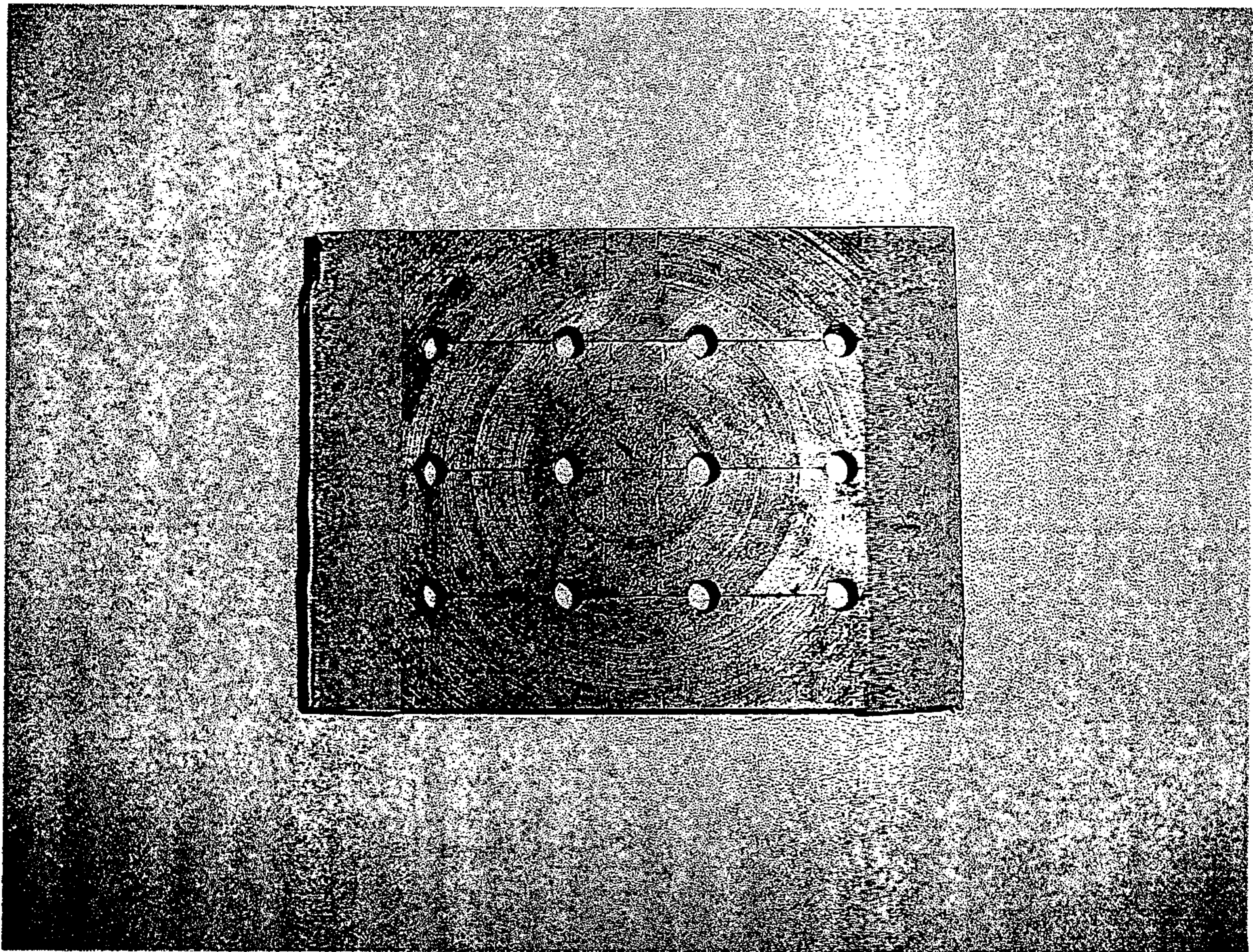


ANEXOS

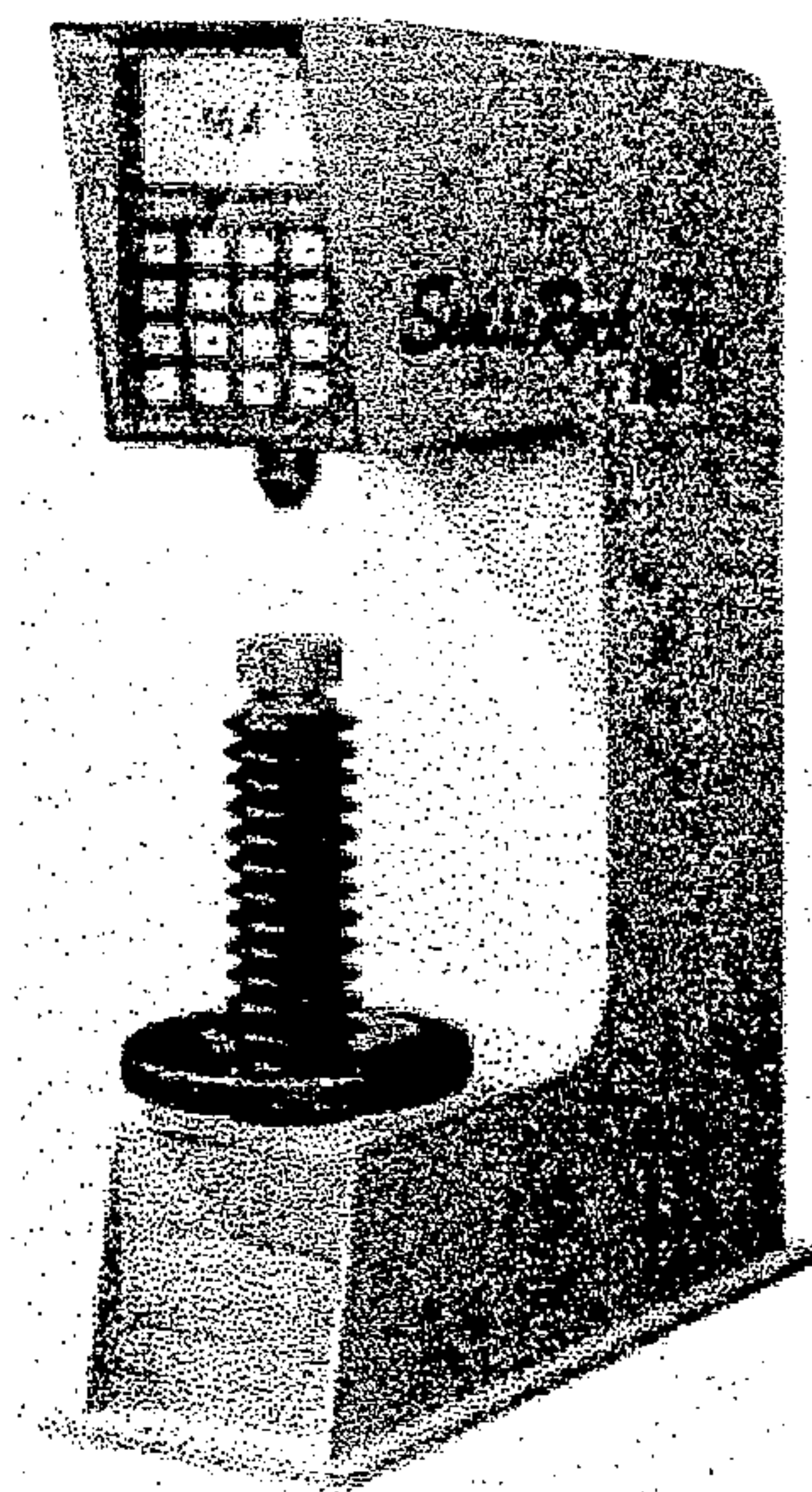
Resultado de Ensayos
Numero de
muestra

Lote	1	2	3	4	5	promedio
Lote A						
Lote B						
Lote C						
Lote D						
Lote E						
Lote F						
Lote G						
Lote H						
Lote I						
Lote J						
Lote K						
Lote L						
Lote M						
Lote N						
Lote O						
Lote P						
Lote Q						
Lote R						
Lote S						
Lote T						

Anexo No. 1
Boleta de anotación de resultados de dureza

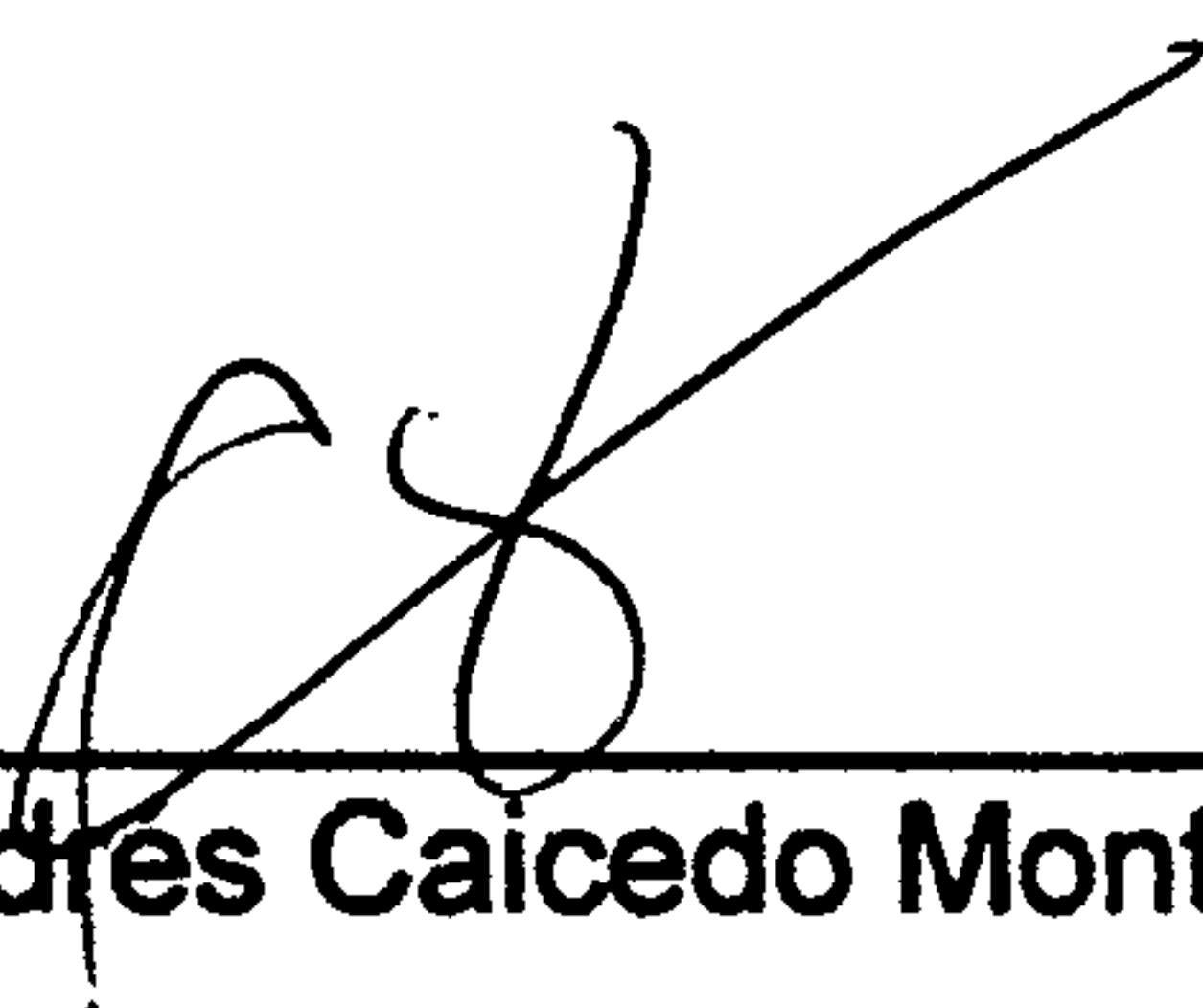


Anexo No.2
Molde para fabricar probetas de resina fotopolimerizable.

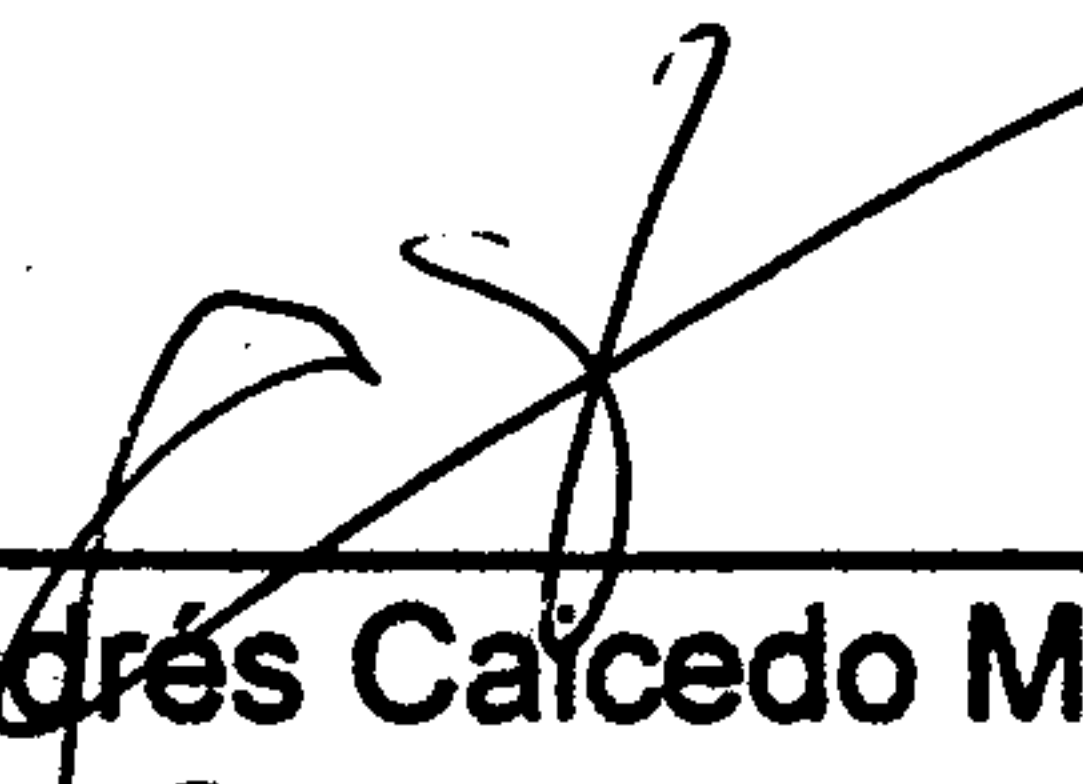


Anexo No.3
Durómetro Rockwell.

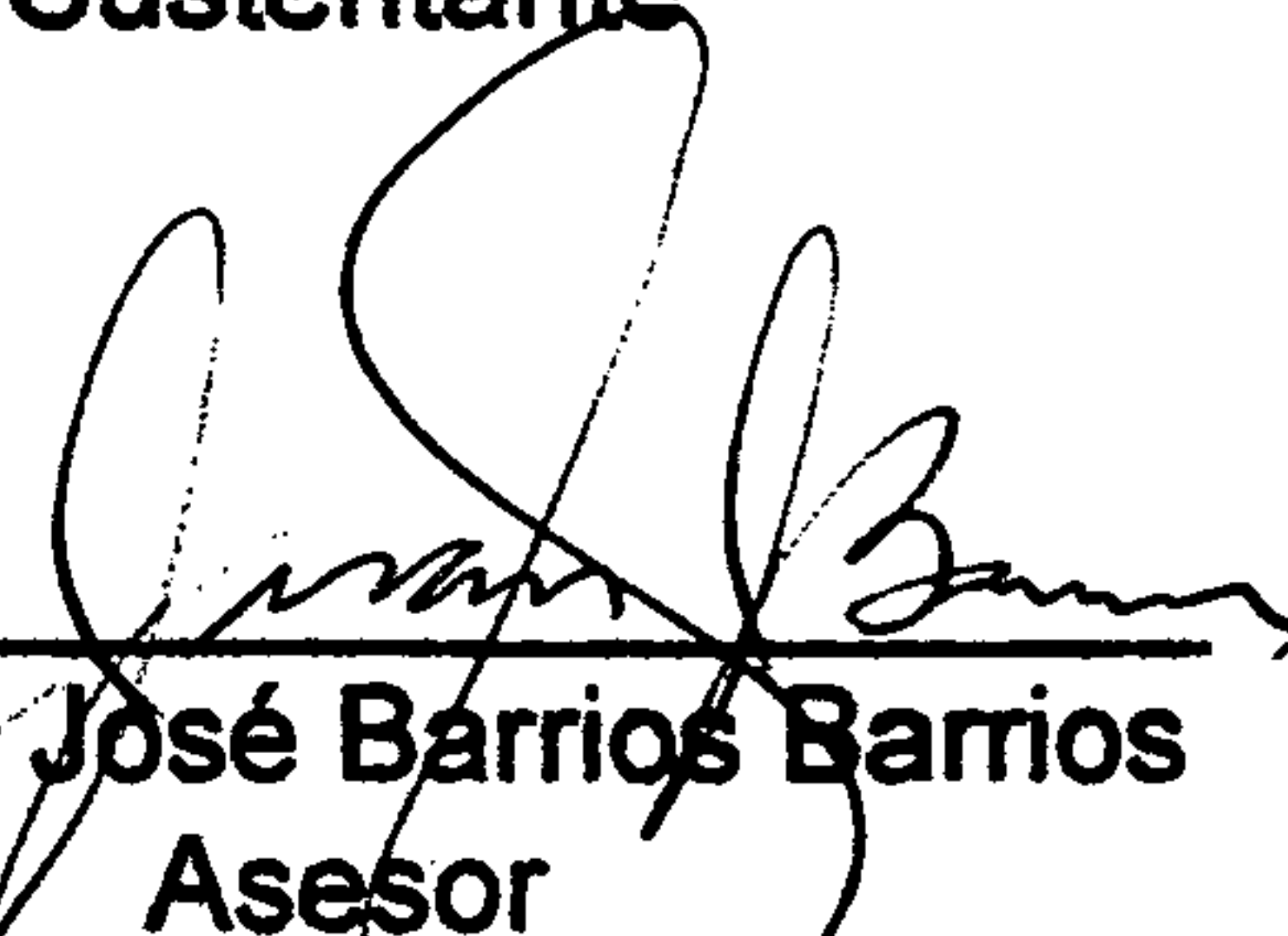
El contenido de esta Tesis es única y exclusiva responsabilidad el
Autor.



Angel Andres Caicedo Monterroso



Angel Andrés Caicedo Monterroso
Sustentante

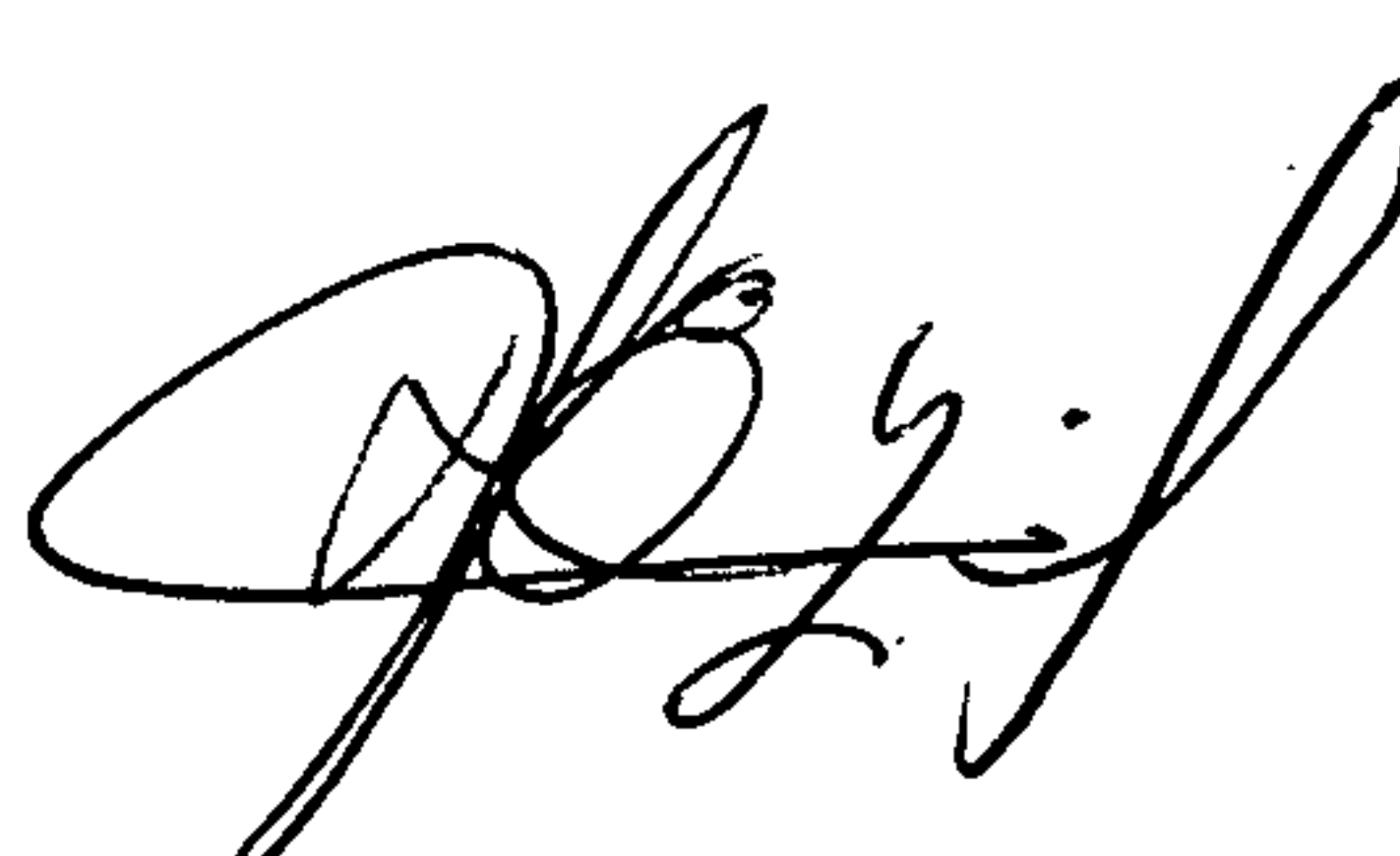


Dr. Juan José Barrios Barrios
Asesor



Dr. Estuardo Vaides Guzmán
Comisión de Tesis





Dr. Eduardo Abril Gálvez
Comisión de Tesis

Vo.Bo.
IMPRIMASE



Dr. Otto Torres Bolaños
Secretario

