

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE
ADHESIÓN, DUREZA, RESISTENCIA COMPRESIVA,
SORCIÓN ACUOSA Y CONTRACCIÓN POR
POLIMERIZACIÓN ENTRE VARIOS SISTEMAS DE
COMPOSITAS FOTOCURABLES DE ALTA DENSIDAD
PARA RESTAURACIONES EN DIENTES POSTERIORES

Tesis presentada por

ENRIQUE STUARDO RODRÍGUEZ GARCÍA

ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA, QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PUBLICO PREVIO A OPTAR AL TITULO DE

CIRUJANO DENTISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2002

D2
09
T(1620)

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

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. Horacio Mendía Alarcón
Vocal Tercero:	Dr. Luis Felipe Paz García
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por iluminar mi camino día a día y llenar mi vida de paz, salud, esperanza y valor.

A MIS PADRES

Especialmente a mi papá, por su apoyo incondicional, y la forma en que con sus ejemplos forjaron mi vida inspirándome siempre a seguir adelante.

A MIS ABUELOS

Manuel y Marta quienes han sido como mis propios padres y que con su inmenso amor y entrega han hecho de mí la persona que actualmente soy.

A MI TIA

Leticia, quien siempre ha sido mi guía y amiga, dándome todo su amor, apoyo y cariño en todos los momentos de mi vida.

A MIS HERMANOS

Fernando y Víctor por su cariño de hermanos y sobre todo por su amistad..

A MIS PRIMOS

Ana Lucía y Manuel, por enriquecer mi vida con su cariño y amistad.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Con quienes he compartido momentos trascendentales en mi carrera y en mi vida. A ellos les agradezco por su amistad incondicional.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

AL INSTITUTO ADOLFO V. HALL CENTRAL

A MI ASESOR

Dr. Horacio Mendiá

A MIS CATEDRÁTICOS, INSTRUCTORES Y COMPAÑEROS

Especialmente al Dr. Gustavo Leal R.

**A TODAS LAS PERSONAS QUE FORJARON DE UNA MANERA
U OTRA MI FORMACIÓN PROFESIONAL**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE ADHESIÓN, DUREZA, RESISTENCIA COMPRESIVA, SORCIÓN ACUOSA Y CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN ENTRE VARIOS SISTEMAS DE COMPOSITAS FOTOCURABLES DE ALTA DENSIDAD PARA RESTAURACIONES EN DIENTES POSTERIORES”, conforme lo demandan los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

CIRUJANO DENTISTA

Patentizo mi agradecimiento a el Dr. Horacio Mendía Alarcón por la colaboración y apoyo que se sirvió prestarme en el asesoramiento de este trabajo de investigación, a los Drs. Manuel Miranda Ramírez y Estuardo Vaides Guzmán por su desinteresada atención y contribución en las consultas efectuadas y especialmente al Dr. Danilo Chavarría por la valiosa orientación que me brindó en la elaboración del presente trabajo.

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

INDICE

	Página
SUMARIO	1
INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
OBJETIVOS	58
VARIABLES DEL ESTUDIO	60
METODOLOGÍA	65
MATERIALES Y EQUIPO	78
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	80
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	123

SUMARIO

El presente estudio se realizó con la intención de probar y comparar las propiedades físicas de adhesión, dureza, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización de tres sistemas de compositas de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores que fueron seleccionados como muestra de entre todos los productos similares que existen actualmente en el mercado guatemalteco.

Los sistemas seleccionados fueron Filtek P-60 y su adhesivo Single Bond de 3M, Surefil y su adhesivo Prime & Bond NT de Dentsply; y Synergy Compact con su adhesivo One Coat Bond de Colténe.

Se realizaron ensayos previamente utilizados en otros estudios para poder evaluar estos tres sistemas de compositas en igualdad de condiciones de laboratorio y así poder establecer las diferencias y similitudes que existen entre ellos, así como para comprobar, tomando en cuenta las limitaciones de ésta investigación la veracidad de lo publicado por cada fabricante en sus respectivos manuales técnicos con respecto a la superioridad de las propiedades físicas de sus productos frente a los demás.

Adicionalmente se compararon las propiedades de estos tres sistemas de compositas después de haber sido sometidos a un proceso adicional de curado por luz y calor, específicamente para evaluar las propiedades de dureza superficial, resistencia compresiva y sorción acuosa.

De esta cuenta, pudimos encontrar que Filtek P-60 de 3M presentó las mejores propiedades de dureza superficial al ser fotopolimerizada; así como las mejores propiedades de resistencia compresiva al ser fotocurada y después de ser curada adicionalmente por luz y calor.

Surefil de Dentsply obtuvo los mejores resultados para las pruebas de dureza superficial y de sorción acuosa solamente después de ser horneada.

Por último, encontramos que Synergy Compact de Coltène obtuvo los mejores resultados en los ensayos donde se evaluó la adhesión a la dentina, la sorción acuosa después de ser horneada y en la prueba de contracción por polimerización por medio de la flexión cuspídea.

Con base en los resultados obtenidos, se determinó que ninguno de los tres sistemas de compositas evaluados es totalmente superior, tomando en cuenta las propiedades físicas evaluadas en el presente estudio.

INTRODUCCION

Desde su aparición en 1962, las resinas compuestas o compositas han tenido un progreso notable en lo referente a sus propiedades físicas, manipulación y desempeño clínico. Sin embargo, aún existen algunos problemas al utilizarlas, como lo son la contracción por polimerización, microfiltración, desgaste y dificultades en su manejo.

Sumado a esto, se sabe que el empleo de materiales restauradores para el sector posterior es un reto constante en la práctica clínica, ya que los requerimientos que surgen al efectuar restauraciones de clases I y II, especialmente si estas son profundas difieren grandemente de las existentes para el sector anterior. Por lo tanto, es necesario utilizar un material que cuente con las suficientes propiedades de resistencia y condensabilidad que a su vez permita el llenado de todos los ángulos internos de la cavidad así como un buen contacto interproximal.

En búsqueda de soluciones a estos problemas, en los últimos años se ha propuesto la utilización de las llamadas resinas compuestas de alta densidad, las que incluso se han presentado como un posible reemplazo de la amalgama de plata, debido a las notables mejorías en la tecnología de los materiales dentales.

A esto podemos sumarle el incremento considerable en la demanda de restauraciones más naturales o de color dental en el sector posterior por parte de los pacientes.

Siguiendo esta tendencia, la mayoría de casas comerciales han introducido al mercado sus propias versiones de este tipo de resina compuesta, las cuales presentan diferencias en sus propiedades, manejo y en los resultados clínicos obtenidos.

Para que el odontólogo pueda elegir el material restaurador que mejor se ajuste a las necesidades del tratamiento, éste debe conocer a fondo las propiedades físicas de los productos que utiliza en su práctica clínica. Esto cobra más relevancia si consideramos que a diferencia del buen diagnóstico, indicación y técnica operatoria, es en la calidad del producto restaurador donde el clínico no puede influir, y es el fabricante quien proporciona el protocolo para el mejor uso de su producto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad han aparecido en el mercado algunos nuevos tipos de resinas compuestas de alta densidad, diseñadas específicamente para las restauraciones en dientes posteriores. Estas resinas presentan, una serie de propiedades físicas y de manipulación un tanto diferentes a las compositas híbridas que tradicionalmente se han venido utilizando para este tipo de tratamientos. Sin embargo, de acuerdo al perfil técnico de cada fabricante, su producto siempre presenta iguales o mejores propiedades físicas que las de sus competidores. Como consecuencia de lo anterior, es muy difícil encontrar suficiente información, que no haya sido presentada con intenciones comerciales, que realmente le permita al odontólogo decidir cual es el mejor material para ser utilizado en restauraciones para dientes posteriores.

Todo esto nos deja con la inquietud de determinar a través de una investigación objetiva cuáles son los resultados de las pruebas que evalúen las propiedades de adhesión, dureza, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización de las compositas fotocuradas de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores.

Asimismo, será muy importante saber cuáles de las diferentes marcas comerciales de este tipo de compositas, presentan las mejores propiedades físicas al compararlas entre sí.

JUSTIFICACION

En la ficha técnica de cada resina compuesta fotocurable de alta densidad aparece la información referente a las propiedades físicas del producto, de acuerdo a las investigaciones hechas por el fabricante así como de una o más investigaciones independientes.

Sin embargo, esta información además de ser presentada con fines comerciales, ha sido obtenida utilizando diferente metodología, así como distintos instrumentos de medición en cada caso particular. En consecuencia, no existen parámetros obtenidos de una forma estandarizada que nos permitan comparar las propiedades físicas de las compositas fotocurables de alta densidad para restauraciones en el sector posterior en igualdad de condiciones.

Por otro lado, es igualmente importante la necesidad de obtener parámetros que se relacionen con el tema a fin de mejorar la retroalimentación de los cursos de la Cátedra de Operatoria Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por lo tanto, se hace necesario realizar un estudio comparativo que evalúe las propiedades físicas de las compositas de alta densidad escogidas para el mismo, cuyas mediciones se hagan bajo las mismas condiciones de laboratorio para cada material y así obtener la información de la manera más estandarizada posible.

REVISION BIBLIOGRAFICA

COMPOSITAS O RESINAS COMPUESTAS:

1. HISTORIA:

El deseo de obtener materiales restaurativos que se asemejaran al color natural de los dientes, que fuesen resistentes a la abrasión así como estables dimensionalmente, es muy antiguo.

Los cementos de silicato no reunían todas estas condiciones, pero fueron por algún tiempo los materiales de elección. Similarmente, los plásticos sin relleno que son materiales basados en el sistema PMMA/MMA (Polimetil metacrilato /metil metacrilato) fracasaron en llenar estas demandas. Eran difíciles de colocar, no presentaban suficiente resistencia a la abrasión y tendían a alterar su color después de un corto tiempo. (1)

En 1962 R.L. Bowen efectuó el primer gran paso en la realización de las resinas compuestas actuales ya que sintetizó el nuevo monómero BIS-GMA y lo reforzó con cuarzo molido. Esta primera generación de compositas dentales todavía presentaban algunos inconvenientes tales como su baja resistencia a la abrasión además de que no se podían pulir y su superficie era muy áspera.

Ese problema fue resuelto con la introducción de los microrrellenos. En principio fue posible producir resinas homogéneamente rellenas pero, por diferentes razones, casi sólo compositas que contenían pre-polímero fueron usadas primero.

En comparación con los materiales de macrorrelleno, la cantidad de relleno fue algo más baja, lo cual ocasionó una reducción de ciertas propiedades físicas. Este sistema de microrelleno está bien documentado clínicamente y permanece al presente como el material de elección para restauraciones anteriores. (2)

La introducción de las compositas polimerizadas por luz ultravioleta en 1973 representa un avance significativo en el campo de las restauraciones dentales estéticas.

Las compositas de un solo componente eliminaron errores de dosificación o mezcla y redujeron la porosidad. El odontólogo fue provisto de tiempo de trabajo prácticamente ilimitado. Sin embargo, la principal desventaja de la polimerización por luz ultravioleta es la poca profundidad de polimerización, con un máximo solamente de 2.5mm. (1)

Los iniciadores de polimerización con alta actividad de espectro de luz visible y la utilización de fuentes de luz halógena más intensa llevaron a profundidades de polimerización de 3 a 4 mm sin problemas.

Esto esencialmente completó el desarrollo de las compositas de uso actual para el sector anterior y la investigación se concentró en las aplicaciones para piezas posteriores.

Las demandas para las restauraciones en molares son más severas y los problemas más complejos. Una gran cantidad de trabajo está aún por hacerse. Aunque muy tempranamente fueron colocadas compositas en dientes posteriores, se obtuvieron resultados altamente favorables con aquellas altamente cargadas con microrrelleno, las cuales fueron introducidas en 1983 (ej. Heliomolar) y las de partícula fina e híbrida (ej. Herculite, Brilliant, etc.) prontamente después. (1) Casi al mismo tiempo, se introdujo el uso de la composita de microrrelleno radiopaco que ayudó a su identificación radiográficamente. Pero luego de que algunos estudios clínicos de varios años sobre restauraciones en molares, revelaron la presencia de fallas en los contactos oclusales, así como porosidades, fracturas, deterioro marginal y resistencia a la abrasión disminuída, sobre todo en restauraciones extensas se decidió abandonar el uso de este tipo de composita en molares.

También alrededor del año 1983 se introdujo al mercado un nuevo tipo de compositas llamadas “híbridas” el cual se logró por la combinación de dos tipos de relleno: el microrrelleno y el macrorelleno.

Estos nuevos materiales presentaron todas la propiedades favorables de las compositas tradicionales pero con mayor resistencia al desgaste. Al mismo tiempo se empieza a hablar de “sistemas de compositas” que son el conjunto de el ácido grabador, algún tipo de un agente de enlace y la composita misma. Esto obedeció a que desde el período en que se usaron las compositas de microrrelleno se comprobó que la adhesión a los tejidos dentarios y los problemas de filtración marginal mejoraron con el uso de ácidos grabadores y agentes de enlace. Pero a pesar de este progreso notable, aún persisten ciertos problemas al utilizar compositas como material restaurador en dientes posteriores tales como: contracción por polimerización, microfiltración, desgaste, y dificultades en el manejo clínico.

Por eso, en búsqueda de soluciones, se ha propuesto en los últimos años la utilización de las “compositas condensables” de alta densidad en las cuales los diferentes fabricantes han utilizado la misma matriz que en las compositas híbridas pero han realizado un cambio importante en el material de relleno.

Por lo general lo más relevante es el aumento en el tamaño de la partícula y el aumento porcentual de relleno en el volumen del compuesto.

Un elemento importante en estas compositas es el llamado PRIMM (Polymeric Rigid Inorganic Matrix Material) que está formado por una resina (Bis-GMA o UDMA) y un componente cerámico de relleno (Alúmina y Bióxido de Silicio) con una disposición estructural diferente a los rellenos de las resinas híbridas conocidas.

Algunas de las resinas condensables de alta densidad comercializadas actualmente tienen una estructura diferente al PRIMM, pero los cambios hechos en su relleno, les permiten tener características similares, en cuanto a las mejoras de las propiedades físicas y al manejo clínico. (21)

2. COMPOSICION QUIMICA Y REACCIONES:

Una composita es una combinación de por lo menos dos materiales químicamente diferentes (resina y relleno) con una interfase distintiva que une los componentes y que posee propiedades que no pueden ser logradas por

cualquiera de sus elementos por sí solos. Dos componentes principales son requeridos para producir una composita: (1)

- Matriz compuesta de monómero o polímero, respectivamente
- Relleno

A. Matriz:

La matriz más frecuente es la de Bis-GMA o matriz de Bowen. El Bis-GMA se obtiene a partir de tres moléculas de base: bisfenol A, alcohol glicídico y ácido metacrílico. (2)

La macromolécula se prepara en dos tiempos:

- Alcohol glicídico + ácido metacrílico $\longrightarrow$ metacrilato de glicidilo.
- Metacrilato de glicidilo + Bisfenol A $\longrightarrow$ Bis-GMA o Dimetacrilato Complejo.

Los requisitos especiales de los monómeros utilizados en restauraciones dentales son muy específicos, y además deben cumplir con los siguientes criterios: (1)

- Biocompatibilidad
- Buenas propiedades físicas

- Estabilidad química en el medio bucal
- Estabilidad de color
- Alta reactividad (a bajas temperaturas)
- Buena vida útil
- Excentos de sabor y olor

B. Relleno o Carga:

Su misión principal es conferir a la composita o resina compuesta sus propiedades físicas y mecánicas.(2) Como componente inorgánico su concentración varía entre el 70 y 80% por peso, lo cual representa un 50 a 55% por volumen. Pueden ser fabricados de cuarzo, silicato de aluminio, vidrio de borosilicato, vidrio de bario, cerámica, fibras de vidrio, sílice fundido, sílice pirogénico o pirolítico. (3)

Las sustancias de relleno son adicionadas a las resinas compuestas dentales por varias razones: resistencia, propiedades de manipulación, reducción en la contracción, radiopacidad, coeficiente de expansión térmica reducida.

Para ser adecuados, los rellenos deben cumplir con los siguientes aspectos:

- Incoloro
- Resistencia a la disolución acuosa o química
- Índice de refracción entre 1.45 y 1.55
- No tener problemas toxicológicos
- Relativa alta dureza
- Efecto reforzador sobre el polímero

En adición a las sustancias anteriores, las resinas compuestas poseen otras como:

C. Agente Adhesivo, Agente de Unión o Acople:

La fase orgánica (matriz) es la más dúctil y reparte las fuerzas hacia la fase organo-mineral (relleno) que será la que resista la deformación. La unión entre las dos fases es esencial para evitar la concentración de fuerzas. Por lo que la superficie de relleno se trata con un agente adhesivo, generalmente un silano, siendo el más frecuente el metacrilato-oxipropil-trimetil-silano. (2)

D. Activadores o Iniciadores:

Los iniciadores son sustancias que efectúan el proceso reactivo de polimerización. (1) Esta polimerización es iniciada cuando el iniciador se disgrega en radicales. La polimerización progresa siempre de la misma manera, independiente del tipo de sistema de iniciador utilizado. Los iniciadores están subdivididos de acuerdo a los tipos de polimerización (1).

D.1 Polimerización en frío o autopolimerización (activación química):

Se produce gracias a la presencia de moléculas capaces de inducir radicales libres. Los activadores químicos se agrupan en dos categorías (2):

- Hidroxi-peróxidos y peróxidos: En este sistema iniciador, normalmente se utiliza la asociación de un peróxido inestable POB (Peróxido de Benzoilo) en proporción de 0.3-2% y de una amina terciaria en proporción de 0.75%. La oxidación-reducción entre POB y la amina produce los radicales que inician la polimerización. Esta reacción puede ser inhibida por los fenoles o por el oxígeno al momento de la mezcla.
- Compuestos Nitrogenados.

D.2 Polimerización por Luz, Fotopolimerización, (activación fotoquímica):

Se basa en el uso de fotones luminosos y ultravioletas que vehiculizan la energía, para fotopolimerizar un monómero y desencadenar la reacción.

Los fotoactivadores más utilizados son los derivados de la benzoína, la benzofenona, la acetofenona, y la discetona; los cuales solamente pueden ser activados por luz UV debido a sus características de absorción. (2)

La activación fotoquímica por luz blanca necesita la incorporación de un fotoactivador, por lo que se añade una α -discetona llamada canforquinona (0.2%) a la matriz con una amina orgánica (0.1%).

El mecanismo de acción de la canforquinona es idéntico a todas las otras cetonas, realizando una abstracción de H^+ . Las aminas terciarias son utilizadas como donadoras de hidrógeno.

D.3 Polimerización por Calor:

El principio de esta reacción es el mismo, a temperaturas altas, estos compuestos se descomponen en radicales y por ende catalizan la polimerización. Los iniciadores utilizados son: peróxidos, perácidos, peróxido de hidrógeno, azocompuestos alifáticos y benzopinacoles.

Los iniciadores de las resinas compuestas dentales deben presentar los siguientes criterios: (1)

- Formación rápida de radicales a bajas temperaturas.
- Alta reactividad de los radicales formados.
- Vida útil larga
- Baja tendencia a la decoloración
- Baja toxicidad
- Exento de olor
- Incoloro

E. Inhibidores:

Permiten controlar los períodos de inducción (prepolimerización), asegurando así una mejor conservación del producto. Los inhibidores comúnmente usados son las hidroquinonas o fenoles sustituidos que tienen la capacidad de reaccionar con los radicales libres.

La hidroquinona es muy efectiva para proteger a los metacrilatos de una polimerización prematura. Estos inhibidores son utilizados en pequeñas cantidades (300-1000 ppm.). (1)

F. Estabilizadores:

Se utilizan para minimizar los cambios de color en la restauración, ya que previenen la decoloración producida por la luz ultravioleta. Se emplean las benzofenonas y los benzotriazoles. (4)

G. Diluyentes:

Reducen la alta viscosidad de las compositas. Pueden utilizarse si están fabricadas con matriz Bis-GMA: Dimetacrilato de tetraetilenglicol, metacrilato de metilo, dimetacrilato-etileno de glicol, tetraetileno, bisfenol A dimetacrilato y ácido metacrílico.

H. Radiopacadores:

Son agregados a las resinas compuestas con el objeto de que puedan ser observables radiográficamente. Pueden ser utilizados: vidrios radiopacos,

bromo, yodo, sulfato de bario, tungstato de calcio. El más usado es el trifluoruro de iterbio. (5)

I. Colorantes y Pigmentos:

Son adicionados a efecto que el color de la restauración armonice con la pieza dental. Los óxidos de hierro y sulfuro son utilizados con este propósito. Estos deben reunir requisitos estrictos para la estabilidad del color así como la estabilidad química en el medio bucal.

J. Abrillantadores Opticos:

Son utilizados para dar a las compositas una fluorescencia comparable a la del diente natural; el material usado para este fin es el negro carbón.

3. CLASIFICACION DE LAS COMPOSITAS DE ACUERDO AL TAMAÑO DE SU PARTICULA DE RELLENO:

A. Convencionales o de Macrorrelleno:

Son las resinas que poseen partículas de relleno mayor a una micra. El tamaño de sus partículas varía desde 5-30 micras de diámetro para las resinas compuestas más antiguas y de 1-5 micras para las más recientes.

Las resinas compuestas convencionales modificadas presentan a la vez partículas más reducidas, con un promedio de 8 micras de diámetro, y un microrrelleno de sílice con partículas de 0.04 micras; sin embargo, el mejoramiento de las características físicas ha sido poco importante.

Los rellenos comunes en estos días de las resinas compuestas de macrorrelleno son de tierra de cuarzo, estroncio, o vidrio de metales pesados conteniendo bario.

El cuarzo fue usado comunmente como relleno en las primeras resinas compuestas, las cuales tienen excelente estética y durabilidad pero falta de radiopacidad. (3)

Los cristales radiopacos semejantes al estroncio y a los cristales de bario, son más quebradizos y más solubles que los cristales de cuarzo. Sin embargo, los rellenos de cristal de metal pesado son los más usados, porque ellos son radiopacos y son más fáciles de moler. (3)

Estas resinas poseen una resistencia a la abrasión insuficiente y una mala capacidad de pulido, ya que cuando las partículas de la superficie se pierden vienen a ser muy ásperas. Esto determina una porosidad que será el origen de retenciones y de alteraciones de color.

B. Microrrelleno:

Las resinas compuestas de microrelleno estuvieron desarrolladas para tener un mejor pulido de la restauración debido a que sus partículas son de tamaño menor a una micra (0.02-0.07). (3)

Los microrellenos son hechos en uno o dos caminos. El primero de humo de dióxido de silicón o ceniza llamada sílice exhalada. El segundo camino es por suma de partículas coloidales de silicato de sodio y ácido hidrociorhídrico, las cuales producen sílice coloidal. (3).

Hay dos tipos de microrrellenos: homogéneos y heterogéneos. En los materiales homogéneos el microrrelleno está adicionado directamente a la carga de la resina. Sin embargo, debido al tamaño pequeño de los microrrellenos, estos poseen una considerable área superficial y por lo tanto tienen dificultad de adicionarse directamente a una resina en altas concentraciones.

Un 80% de la carga del relleno por peso es imposible. Por tanto, las resinas compuestas de microrrelleno son raramente hechas por este tipo.

En los materiales heterogéneos, el microrrelleno luego de pasar por un proceso de polimerización y trituración, es incorporado a la resina matriz calentada y así se obtiene una carga de relleno de alrededor del 70% por peso.

En general, los microrrellenos presentan una buena translucidez, un buen aspecto estético por conseguir un excelente pulido. Por lo tanto son el material de elección para las restauraciones visibles que no tengan una implicación oclusal.

C. Híbridas:

Son llamadas así porque usan partículas de macrorrelleno y microrrelleno.

Las híbridas tienen una resina matriz con partículas de 10 a 30 micrones (macrorrelleno) a la cual se le ha adicionado un 7 - 15% de pelotitas o complejos de partículas de 0.007 a 0.04 micrones de diámetro (microrrelleno) produciendo así un material con carga alta. (3).

Son superiores a las resinas compuestas no híbridas, por sus incrementos de carga de relleno para mejorar la transferencia de esfuerzo entre las partículas de la composita. Con las cargas incrementadas de relleno con adición de pequeños tamaños de partículas a la matriz, la distancia interparticular disminuye.

Esto pone menos esfuerzo sobre la matriz de la resina, ya que las partículas de relleno transfieren el esfuerzo de una partícula a otra; en relación con eso, hay reducción de fuerzas absorbidas por la matriz de la resina.(3). Son utilizadas en restauraciones anteriores y posteriores como sustituto de dentina. Se pueden dividir en híbridos simples y complejos. (2).

Los híbridos simples contienen macrorrellenos convencionales combinados con microrrellenos que llenan los espacios ocupados en las resinas convencionales. Se clasifican en los siguientes subgrupos:

- Relleno inferior al 65% de macropartículas de tamaño mediano.
- Relleno en volumen inferior al 65% de partículas menores a 2 micras.
- Relleno en volumen igual o superior al 65% de forma y dimensión variadas.

Los híbridos complejos contienen un relleno de micropartículas solas, conglomeradas, relleno convencional de tamaño pequeño y partículas en virutas o esféricas.

4. REQUERIMIENTOS PARA SELECCIÓN DE UN SISTEMA RESINOSO COMPUESTO DIRECTO PARA DIENTES DEL SECTOR POSTERIOR: (4)

A. Propiedades mecánicas:

A.1 Resistencia a la compresión:

Esta propiedad se pone a prueba durante la masticación. Esto implica el desarrollo de fuerzas aplicada sobre las caras oclusales comprendidas entre 25 a 75 daN/cm². Las resinas compuestas de tipo híbrido superan a los otros tipos, en este aspecto.

A.2 Módulo de elasticidad:

Es la relación entre la tensión y la deformación; cuanto menor sea la deformación para la tensión dada, mayor es el valor del módulo elástico y más rígido es el material. Esta propiedad es importante para la interfase material/diente. Las resinas híbridas son las que presentan mejor módulo.

A.3 Resistencia a la abrasión:

Las consideraciones en cuanto a grado de desgaste por abrasión se explica por la pérdida de sustancia de la matriz situada en la superficie, seguida de la exfoliación del relleno. Se ve favorecido por la presencia de porosidades y por el sometimiento del material a tensiones diversas. Los materiales híbridos muestran superioridad al compararse con las demás fórmulas de resina.

A.4 Resistencia a la tracción:

Su manera de comportarse depende de la amplitud de las preparaciones oclusales y especialmente los istmos. Los materiales híbridos presentan mejores características en relación con esta propiedad.

B. Propiedades físicas:

B.1. Coeficiente de expansión térmica:

Debería ser similar al del esmalte ($11.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) para asegurar la estanquidad, pero esto no se ha podido conseguir. Para compensar los altos coeficientes de expansión térmica, se tratan las resinas compuestas con alto

contenido de material inorgánico, o sea un 65-70% en volumen y un 75-80% en peso. Esto se da en función de que las compositas más ricas en carga orgánica presentan los coeficientes de expansión térmica más altos.

B.2 Contracción por polimerización:

Antes de la polimerización las moléculas de monómero permanecen equidistantes a 4 nanómetros (distancia de Van der Waals), pero después de la polimerización quedan reducidas a la distancia del enlace covalente 3 veces menor. Esta disminución de la distancia interatómica se traduce en una contracción tanto mayor sea el volumen de la resina. Esto determina la aparición de fracturas cohesivas en el seno del material, formación de fisuras marginales, alteración del enlace matriz/relleno y disminución de la resistencia del material. (2).

Las resinas compuestas de polimerización química, al ser condensadas en una sola etapa desarrollan valores de contracción más altos, al mismo tiempo que en el espatulado pasta/pasta incorpora atrapamiento de aire, lo que determina la presencia de poros los que presentan la correspondiente capa inhibida o despolimerizada, dando como resultado un material con propiedades físico/mecánicas insuficientes. Por esto una resina compuesta de polimerización

química es el material más deficiente que se puede ofrecer para una restauración posterior.

Las resinas compuestas híbridas de fotocurado, muestran bajos niveles de contracción de polimerización, siendo el material de elección en restauraciones posteriores.

C. Características de manipulación:

Las características tales como condensación y terminado final son más minuciosas y requieren de mayor cuidado al compararlas con las restauraciones de amalgama de plata. (6).

Para compositas que se utilizarán en dientes posteriores es preferible que posean la capacidad de ser condensables o empacables.

D. Tamaño de partícula:

Con tamaño de partícula reducida (menor a 0.5 micras en una resina compuesta para posteriores), la distancia interparticular es menor, reduciéndose así el desgaste de la matriz la pérdida del material inorgánico y la porosidad

ocasionada por desprendimiento de partículas en la superficie del material, aumentando así las propiedades físicas del compuesto.

E. Adaptación marginal y sellado:

Con el uso del grabado ácido, imprimadores y agente de enlace en restauraciones conservadoras, además de controlar la contracción de polimerización, se obtiene un excelente sellado marginal superior al de las amalgamas, sobre todo en las primeras 24 horas después de realizada la obturación. Conforme la expansión por cristalización de la amalgama se va incrementando, la diferencia en el sellado marginal entre estos dos tipos de materiales se reduce.

F. Densidad de la resina compuesta:

La alta densidad facilita la condensación intracavitaria, la adaptación a las paredes cavitarias y la disminución de la contracción de polimerización. Sin embargo, la carga orgánica no debe sobrepasar el 80% en peso, ya que de ella depende la densidad. Esto puede hacer que el material no sea manejable clínicamente.

G. Radiopacidad:

La visualización sobre una radiografía de un material de obturación de resina compuesta al que se le han incorporado sustancias radiopacas permiten al operador fijar los límites externos e internos de la restauración así como las interfases, detectando desadaptaciones (defectos o excesos) y recidivas cariosas.

El radiopacador más usado es el trifluoruro de iterbio, por su liberación de fluoruros y por no alterar la carga inorgánica del material.

Las resinas compuestas que presentan suficiente radiopacidad para restauraciones posteriores son las del tipo híbrido.

H. Propiedades estéticas:

H.1 Color:

Es percibido por el ojo humano, que distingue:

- La longitud de onda (valor), por ejemplo tenemos que los valores de la guía Vita™ son: A (rojo café o parduzco), B (amarillo), C (gris), D (rojo grisáceo).

- Concentración del valor (saturación), por ejemplo la saturación de los números del 1 al 4 en la guía Vita son: B1 es un amarillo poco saturado y B4 es un amarillo muy saturado.
- Cantidad de blanco o negro (brillo), por ejemplo si se ordena por su brillantez en la guía Vita son: B1, A1, B2, D2, A2, C2, D4, A3, D3, B3, A3.5, B4, C3, A4 y C4.

Las resinas híbridas de fotocurado presentan una variedad de colores diferentes, permitiendo una buena mimetización y estética con el tejido dentario adyacente. (7).

H.2 Índice de refracción:

Es la relación que existe entre los puntos antes y después de que la luz atraviese diferentes medios. Debe aproximarse al de los tejidos dentarios vecinos. Este índice no posee dimensional.

H.3 Translucidez y opacidad:

La translucidez permite la penetración difusa de luz mientras la opacidad la impide. Estas características deben ser comparables a las de los tejidos duros vecinos.

H.4 Capacidad de pulido:

La superficie del material debe parecer tan lisa como el esmalte y ésta siempre será mejor a medida que las partículas del compuesto sean más pequeñas. (8).

I. Propiedades biológicas (biocompatibilidad):

Los materiales para uso en restauraciones dentales no deben ser tóxicos o irritantes, ni poseer potencial alérgico o cancerígeno.

Al parecer la toxicidad de las resinas compuestas está ligada a la metodología clínica ya que se sabe que al realizar un procedimiento cavitario en una estructura dentaria natural, siempre resulta algún grado de respuesta pulpar,

especialmente en cavidades profundas (el espesor de la dentina residual debe ser de por lo menos 2mm).

Brännström y Nyborg investigaron la irritación pulpar en dientes restaurados con resinas compuestas y concluyeron que una contaminación bacteriana durante la técnica operatoria puede ser la causante de tal irritación. Lundy lo explica a través de una penetración salivar en una restauración.

La adaptación marginal es la mejor garantía de la tolerancia biológica. Según Takao Fusayama, el factor fundamental que causa irritación pulpar es la separación de la resina de la dentina, sin la cual ni las bacterias ni los químicos podrían irritar la pulpa. (9).

Este hermetismo total entre el diente y la resina compuesta es logrado a través de la adhesión dentinal la cual probablemente sea el factor más importante para evitar sensibilidad e irritación post-operatoria.

Con la resina compuesta químicamente adhesiva y efectiva la desmineralización de la dentina contribuye no sólo a la adhesión sino también a la protección pulpar.

**5. INDICACIONES CLINICAS PARA USO DIRECTO DE RESINAS
COMPUESTAS DE ALTA DENSIDAD EN DIENTES
POSTERIORES:**

- Restauraciones a nivel de premolares y molares.
- Lesiones por caries incipiente.
- Restauraciones con un máximo de extensión y cavidades reducidas en sentido buco-lingual de 1/3 de la distancia intercuspídea en donde la línea de margen se sitúe fuera de la oclusión habitual.
- Oclusión en máxima intercuspidez equilibrada y protección canina confirmada.
- Higiene adecuada y poca actividad de caries.
- Demanda expresada por el paciente.
- Intolerancia a otros materiales.
- En casos donde se puede conservar la mayor cantidad de esmalte y donde el área de carga masticatoria sea mínima.

**6. CONTRAINDICACIONES CLINICAS PARA USO DIRECTO DE
RESINAS COMPUESTAS DE ALTA DENSIDAD EN PIEZAS
POSTERIORES:**

- Caries rampante.
- Caras oclusales erosionadas.
- Oclusión desfavorable.
- Destrucciones importantes de tejido dentario.
- Materiales desfavorables en piezas antagonistas (restauraciones de metal o porcelana).
- Higiene insuficiente.
- Bruxismo.

7. FILTEK™ P60 SISTEMA RESTAURADOR POSTERIOR.

El restaurador para posteriores Filtek™ P60 es una resina compuesta híbrida radiopaca fotopolimerizable, estética, específicamente diseñado para uso en restauraciones indirectas o directas del sector posterior. Su material de relleno es de circonio/sílice. La carga del material de relleno inorgánico es de 61% por volumen (sin tratamiento con silano) con un promedio de tamaño de partículas de 0.6 micrones.

La adhesión a la estructura dental se logra al utilizar un sistema adhesivo dental como los Sistemas Adhesivos Dentales 3M™, Scotchbond Multipropósito 3M™ o Single Bond™.

El restaurador Filtek™ P60 está envasado en jeringas (dosis múltiples). Este restaurador se encuentra disponible en 3 de los colores más frecuentemente requeridos para uso posterior, que son: A3, B2 y C2.

El material se aplica en capas y se polimeriza en la cavidad. El espesor máximo del incremento es de 2.5 mm. Cada capa se debe polimerizar durante 20 segundos.

7.1 INDICACIONES DE USO.

Filtek™ P60 está indicado para ser utilizado en los siguientes tipos de restauraciones:

- Restauraciones posteriores directas.
- Técnica sandwich con un ionómero de vidrio modificado con resina.
- Reconstrucción de cúspides.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulizaciones.
- Restauraciones posteriores indirectas que incluyen inlays y onlays.

7.2 TECNICA DE USO.

Prepare al diente y aisle.

A. Aplique el liner/base si lo desea:

- Mezcle una cucharada rasa de polvo Vitrebond™ y una gota de líquido Vitrebond™ sobre un bloque de mezcla.

- Aplique una capa fina de liner/base a la superficie de la dentina, utilizando un aplicador de bolita.
- Fotocure durante 30 segundos.

B. Grabado:

- Aplique el grabador Scotchbond™ 3M™ al esmalte y dentina. Espere 15 segundos. El grabador sobre la base de Vitrebond™ no es dañino.
- Lavar.
- Seque con una gasa el exceso de agua, dejando el diente húmedo.

C. Adhesión:

- Utilizando la punta de un pincel saturado en la mezcla, aplique 2 capas consecutivas de adhesivo Single Bond™ 3M™ al esmalte y dentina.
- Seque suavemente por 2 a 5 segundos.
- Fotocure por 10 segundos.

D. Aplique el restaurador:

- Aplique el restaurador para posteriores Filtek™ P60 3M™ en incrementos menores a 2.5mm.
- Fotocure cada incremento durante 20 segundos.

E. Acabado y pulido:

- Acabar la superficie oclusal utilizando un instrumento de acabado adecuado .
- Termine las superficies proximales con discos extrafinos 3M™, Pop-On™ Sof-Lex™ y con cintas Sof-Lex™.

F. Revise la oclusión:

- Revise la oclusión céntrica y lateral.
- Ajuste si es necesario.

El nuevo sistema de resinas del restaurador posterior Filtek™ P60 de 3M™ consiste en 3 componentes principales. En este la mayor parte del TEDGMA ha sido reemplazado por una mezcla de UDMA (dimetacrilato de uretano) y Bis-

EMA (bisfenol A polietilen glicol diéter dimetacrilato). Ambas resinas tienen un alto peso molecular y por lo tanto poseen menos enlaces dobles por unidad de peso. Los materiales con gran peso molecular también producen un impacto sobre la viscosidad mensurable. El alto peso molecular de la resina da por resultado una menor contracción, un envejecimiento reducido y una matriz de resina ligeramente más blanda.

La composición final de la resina fue determinada en base a las propiedades físicas, que incluyen la resistencia de la tensión diametral y compresiva, la contracción, la resistencia al desgaste y las preferencias de manipulación del operador.

8. SINGLE BOND ADHESIVO DENTAL 3M™.

El sistema adhesivo Single Bond de 3M™ fue diseñado como un sistema rápido de adhesión fotocurado para aplicaciones directas, principalmente para aplicación directa de composita, carillas de porcelana, desensibilización de raíces, preparación de cerámica, amalgama adhesiva y otros más.

El adhesivo Single Bond de 3M™ es una solución de agua, etanol, HEMA, BisGMA, di metacrilatos, un nuevo sistema fotoiniciador y un copolimero funcional de dimetacrilato.

8.1 GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA FOTOCURADO DIRECTO.

Paso 1. Ácido Grabador:

- Aplique el ácido grabador Scotch Bond al esmalte y dentina. Espere 15 segundos.
- Lave con agua.
- Con una miniesponja remueva el exceso de agua dejando el diente húmedo.

Paso 2. Adhesivo:

- Usando una brocha saturada del material para cada capa, aplique 2 capas consecutivas de adhesivo Single Bond, tanto al esmalte como a la dentina.
- Seque suavemente por 2 a 5 segundos.

Paso 3. Fotocurado:

- Fotocure por 10 segundos.

Paso 4. Aplicación del restaurador:

- Complete la restauración
- Fotocure y termine de acuerdo con las instrucciones del producto.

9. SUREFIL™ RESTORATIVE DE DENTSPLY.

Surefil™ es el primero de una nueva clase de materiales restauradores fotopolimerizables de alta densidad para posteriores que posee las propiedades y características de manejo similares a las de la amalgama, con diferencias importantes con respecto a la antigua clase de compositas para posteriores.

Surefil™ posee las características requeridas tales como colocación en bloques, condensabilidad, excelente consistencia no pegajosa que mantiene su forma una vez atacado y condensado distendiendo la matriz hacia el contacto

interproximal, tallado y pulido unido a la baja contracción por polimerización, color natural y alta resistencia al desgaste.

Surefil™ incorpora una nueva tecnología IPT (Tecnología de Partículas Entrecruzadas), desarrollada a partir de la resina de uretano modificada BisGMA. Esta unión de la tecnología de la carga y la resina le otorga a Surefil™ las características de condensabilidad, modelado, consistencia estable, baja contracción después de la polimerización y pulido excepcional.

La carga inorgánica de Surefil™ está compuesta por una mezcla de vidrio de Bario con fluor aluminio borosilicato y sílice de distintos tamaños de partículas y morfologías.

Con una partícula de tamaño promedio de 0.8 micrones combinado con una carga de cerca de 82%, Surefil™ es realmente una composita de alta densidad.

9.1 TECNICA DE USO:

Grabado:

- Prepare el diente y aïse.
- Aplique el grabador De Trey Conditioner 36 Dentsply™ al esmalte y dentina. Espere 15 minutos máximo.
- Lave por 15 segundos.
- Seque con aire el exceso de agua, dejando el diente húmedo. No desecar.

Adhesión:

- Utilizando la punta de un pincel saturado en la mezcla, aplique amplias cantidades de adhesivo Prime & Bond NT para composita y deje reposar sobre esmalte y dentina, por 20 a 30 segundos.
- Seque suavemente por 2 a 5 segundos.
- Fotocure por 10 a 20 segundos.

Aplique el restaurador:

- Aplique el restaurador para posteriores Surefil™ de Dentsply™ en incrementos de 2.5mm.

- Fotocure cada incremento durante 40 segundos.

Acabado y pulido:

- Acaba la superficie oclusal utilizando un instrumento de acabado adecuado.
- Termine las superficies proximales con discos extrafinos Sof-LexTM y con cintas Sof-LexTM.

Revise la oclusión:

- Revise la oclusión céntrica y lateral.
- Ajuste si es necesario.

10. SISTEMA ADHESIVO PARA COMPOSITA PRIME & BOND[®] NT.

Prime & Bond[®] NT es un sistema de adhesión de un solo paso, que incluye la utilización de tecnología de nanopartículas que facilita una adhesión más natural al tejido dentario.

De acuerdo a sus características el sistema adhesivo Prime & Bond[®] NT es capaz de dar el soporte ideal de la estructura de la dentina. Produce una fuerza

de unión extremadamente alta debido a que es capaz de penetrar en los huecos de tamaño micrónico del esmalte.

10.1 APLICACIONES:

Prime & Bond® NT es un adhesivo universal que está indicado para:

- Restauraciones de composite: Surefil, Spectrum
- Restauraciones con Dyract/ Dyract AP
- Procedimientos de cementación
- Reparaciones adhesivas
- Barnizar cavidades adhesivas
- Barniz protector

10.2 GUÍA TÉCNICA DE USO.

Paso 1. Acondicionamiento de la cavidad:

- Aplicar De Trey Conditioner 36 por 15 segundos en esmalte y dentina.
- Lavar con spray de aire/agua por 15 segundos.
- Secar cavidad por 15 segundos máximo, no desecar.

Paso 2. Aplicación del adhesivo:

- Aplicar amplias cantidades de Prime & Bond[®] NT con una miniesponja esférica. Dejar reposar de 20 a 30 segundos.
- Retirar solvente con jeringa de aire.

Paso 3. Fotocurado:

- Fotocurar por 10 a 20 segundos.

Paso 4. Aplicación de material restaurador:

- Aplicar Surefil o Spectrum de acuerdo a guía del fabricante.

11. SYNERGY® COMPACT DE COLTENE®.

Synergy® Compact es una composita de alta densidad indicada para la restauración de cavidades muy profundas. Su consistencia firme y tixotrópica le permite una sobresaliente adaptación marginal y a los contornos de la preparación cavitaria.

Synergy® Compact es un delicado composite híbrido, fino de alto relleno, opaco a los rayos X . Es una resina sin prensar para restauraciones mayores.

11.1 COMPOSICIÓN:

- BisGMA
- BisEMA
- TEGDMA
- Vidrio de estroncio silanizado
- Vidrio de bario silanizado
- Acido silícico amorfo, hidrofobizado

DATOS TÉCNICOS:

- Diámetro medio de las partículas de relleno: 0.6 micras
- Distribución de las partículas de relleno: 0.4 – 2.5 micras
- Proporción volumétrica del relleno inorgánico total: 59%
- Porcentaje en peso del relleno inorgánico total: 74%

11.2 APLICACIONES:

- Empastes directos de clase V.
- Reconstrucción de esmalte y dentina naturales.
- Restauración en dientes opacos.
- Para las partes palatinas de restauraciones de clase IV.
- Núcleo de restauraciones estéticas de clases I, II y III, las cuales a continuación se cubren con un material translúcido.
- Reconstrucción de muñones.

11.3 TECNICA DE APLICACIÓN:

Paso 1. Elegir color usando la guía de Coltene® Individual Shade Guide o de acuerdo a guía Vita™.

Paso 2. Aislamiento y preparación del diente.

Paso 3. Aplicación de sistema adhesivo:

- Aplicar el agente de enlace One Coat Bond o Coltene ART Bond, según la información para el uso correspondiente.

Paso 4. Matriz y cuñas interdientales:

- En restauraciones de clase II colocar una cinta de matriz delgada y transparente. Fijar la matriz a proximal con cuñas interdientales.

Paso 5. Aplicación de Synergy® Compact de Coltene®:

- Dosificar Synergy® Compact de Coltene® en incrementos de 2mm. directamente sobre el bloque de mezcla, y luego recoger con el instrumento de aplicación cantidades pequeñas y aplicarlas en la cavidad.

Paso 6. Polimerización:

- Endurezca Synergy® Compact de Coltene® con la luz de lámpara halógena por 30 a 40 segundos. Polimerizar capa a capa, no se debe quitar la capa de inhibición por razones de adhesión.

Paso 7. Acabado:

- Desbastado.
- Terminación de precisión.
- Pulido.

12. ONE COAT BOND DE COLTENE®.

Es un agente de adhesión fotopolimerizable, multifuncional, monocomponente para la técnica adhesiva de restauración en odontología.

12.1 COMPOSICIÓN.

- HEMA
- Hidroxipropilmetacrilato
- Dimetacrilato de glicerina
- Polialkenoato metacrilizado
- Uretano dimetacrilato
- Acido silícico amorfo.

12.2 GUIA TECNICA EN RESTAURACIÓN CONVENCIONAL.

1. Preparación de la cavidad:

- Preparar la cavidad según principios de la técnica de restauración adhesiva.
- Cubrir puntos cercanos a la pulpa con cementos de hidróxido de calcio.

2. Acondicionado:

- Aplicar Coltene Etchant 15 de la jeringa tanto a esmalte como a dentina.
- Dejar actuar por 30 segundos.
- Lavar con agua durante 20 segundos.
- Con un pellet de algodón o soplando ligeramente con aire para quitar el agua.
- No secar completamente.

3. Aplicación del adhesivo:

- Aplicar One Coat Bond de la jeringa sobre un pincel desechable.
- Aplicar en cavidad dando un masaje en profundidad durante 20 segundos.
- Soplar ligeramente con aire

4. Polimerización del adhesivo.

- Polimerizar con luz halógena durante 30 segundos.

5. Obturación de composita.

- Aplicar Synergy Compact de Coltène o Coltène Brillant según instrucciones para el uso.

13. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SISTEMAS RESINOSOS

FILTEK™ P-60, SUREFIL™ Y SYNERGY™

PROPIEDAD	Filtek™ P-60	Synergy Compact™	SureFil™
Porcentaje de relleno por volumen	61%	59%	65%
Porcentaje de relleno por peso	sin datos	74%	81.5%
Tamaño promedio de partícula	0.6 micrones	0.6 micrones	0.8 micrones
Dureza superficial	85 Barcol	61 Vickers °HV	103 Barcol
Resistencia Compresiva	390Mpa.	390Mpa.	331Mpa a las 24hrs.
Contracción por polimerización	2.0%vol /30 min.	2.7%vol /20 min.	< 2.0%vol /40 min.
Absorción acuosa / 24hrs.	sin datos	16mg/mm ³	6.5µg/mm ³
Adhesión a la dentina (grabada)*	20.0Mpa	sin datos	37.0(+/-2.3)Mpa
Densidad	sin datos	0.5 vol/gr.	sin datos

*Utilizando el sistema de adhesión correspondiente a cada marca de resina compuesta tomada en cuenta en el presente estudio.

FUENTE: Todos los datos provienen estrictamente de los perfiles técnicos que cada fabricante publicó a cerca de su producto.

14. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA DENTINA Y ESMALTE DENTARIOS

PROPIEDAD	DENTINA NATURAL	ESMALTE NATURAL
Dureza Knoop	68 Kg/mm ²	343 Kg/mm ²
Resistencia Compresiva	276 MN/m ²	413MN/m ²
Resistencia a la Tracción	48 MN/m ²	10MN/m ²

FUENTE: Libro de Materiales Dentales Restauradores de R.G. Craig

En el presente cuadro sólo se mencionan las propiedades físicas de la dentina y el esmalte que se pueden comparar con las de los sistemas de compositas involucrados en este estudio y que son pertinentes para los objetivos del mismo.

OBJETIVOS

GENERAL:

Medir de manera estandarizada y luego comparar las propiedades físicas de adhesión, dureza superficial, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización de las compositas fotocurables de alta densidad para su utilización como restauraciones en dientes posteriores.

ESPECIFICOS:

- A. Medir en igualdad de condiciones de laboratorio las propiedades de adhesión, dureza superficial, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización de las compositas FiltekTMP- 60 de 3M, SurefilTM de Dentsply y SynergyTM Compact de Coltène.
- B. Comparar las propiedades de adhesión, dureza superficial, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización de las tres compositas de alta densidad incluidas en este estudio.

- C. Determinar cuál de los tres productos presenta mejores propiedades de adhesión, dureza, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización al ser fotocurados por luz halógena así como después de ser sometidos a un proceso adicional de curado por luz y calor.
- D. Determinar cuál de los tres productos presenta mejores propiedades de adhesión, dureza, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización después de ser sometidos a un proceso adicional de curado por luz y calor (proceso de horneado).

VARIABLES DEL ESTUDIO

VARIABLES DEPENDIENTES:

- A. Adhesión
- B. Dureza superficial
- C. Resistencia compresiva
- D. Sorción acuosa
- E. Contracción por polimerización
- F. Proceso adicional de curado por luz y calor (proceso de horneado).

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- A. Compositas fotocurables de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores.

DEFINICION DE VARIABLES

1. Dependientes:

- A. Adhesión: Es la propiedad física de una sustancia o material para unirse a otra de diferente naturaleza por medio de la atracción de sus átomos o moléculas.
- B. Dureza superficial: Es la resistencia ofrecida por un material a una indentación o penetración permanente.
- C. Resistencia compresiva: Se puede definir como la capacidad de resistencia de un material a ser deformado o fracturado al ser sometido a fuerzas de compresión.
- D. Sorción acuosa: Se da al combinar los efectos de la adsorción y absorción de agua por un material o sustancia.
- E. Contracción por polimerización: Propiedad de las resinas compuestas que se define como la reducción volumétrica de estos materiales a consecuencia

del acortamiento de la distancia entre las moléculas de su componente resinoso durante el proceso de polimerización.

- F. Proceso Adicional de Curado por Luz y Calor: se refiere al horneado de las compositas después de haber sido fotocuradas inicialmente, en un horno especializado donde se espone el material a luz halógena y a una temperatura de 110°C durante 8 minutos.

2. Independientes:

- A. Sistema de Composita Fotocurable de Alta Densidad para Restauraciones en Dientes Posteriores: Se le conoce como un sistema, porque está compuesto por tres elementos distintos que son:

- Un ácido grabador para acondicionar el esmalte dentario.
- Un agente de enlace para facilitar la unión de la composita al diente.
- Una composita de alta densidad, o sea que cuenta con un porcentaje de carga inorgánica o relleno bastante alto y un tamaño promedio de sus partículas relativamente grande comparado con las compositas convencionales. Este es el material restaurador.

INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES

A. Adhesión:

La cuantificación del grado de adhesión de las compositas en estudio, se basa en la magnitud de la fuerza traccional necesaria para separar las dos piezas dentales previamente unidas con estos materiales expresada en la dimensional de Megapascuales (Mpa).

B. Dureza superficial:

Esta mide la resistencia de un material a ser indentado o raspado en su superficie. El grado de dureza puede ser expresado en varias escalas dependiendo de la punta indentadora y la carga utilizada. En este estudio se utilizó la dureza Rockwell en la escala 15T. El resultado se expresa en el número de Dureza Rockwell (HR) más el tipo de escala (15T).

C. Resistencia compresiva:

Esta se determina sometiendo una muestra del material de determinadas dimensiones a una fuerza de compresión hasta que se produzca la fractura. Esta

fuerza (Meganewtons) dividida por el área transversal de la muestra (metros cuadrados) se considera la resistencia a la compresión del material expresada en Megapascuales.

D. Sorción acuosa:

Esta se mide de acuerdo a la cantidad de agua *adsorbida* en la superficie del material así como la *absorbida* dentro de la masa del mismo. La suma de estas dos nos da la *sorción*, que se expresa en la dimensional de miligramos por milímetros cúbicos.

E. Contracción por polimerización:

Esta se produce al reducirse la distancia entre las moléculas del componente de resina de un composite al ser fotocurado. En el presente estudio, esta propiedad se evaluó midiendo la flexión cuspídea de dientes seleccionados para la prueba al ser obturados con los materiales objeto de análisis. La flexión cuspídea se expresa en milímetros. Mientras tanto la contracción por polimerización se expresa por medio del porcentaje de volumen.

METODOLOGIA

1. Población y Muestra:

A. Población:

Abarca a todas los sistemas de compositas fotocurables de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores que existen en el mercado.

B. Muestra:

Tres sistemas de compositas fotocurables de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores, los cuales son:

- a. Filtek™ P60 Posterior Restorative de 3M™
- b. SureFil™ R de Dentsply™
- c. Synergy® Compact de Coltene®

2. Procedimiento:

Para la realización del presente estudio se seleccionaron tres marcas comerciales de compositas fotocurables para restauraciones en dientes posteriores a las cuales se les asignó una letra que las identificó durante las pruebas de laboratorio. Los materiales en estudio y sus letras correspondientes son:

- a. Material A Filtek P60 Posterior Restorative de 3M color B₂
- b. Material B Surefil Restorative de Dentsply color A
- c. Material C Synergy Compact de Coltène color A₂/B₂

Todas las pruebas de laboratorio, a excepción de la destinada para medir la dureza superficial, se realizaron con el equipo y ayuda del personal del Instituto de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala bajo la supervisión del Ing. Pablo De León y el Ing. Cesar García.

Las mediciones de la dureza superficial se realizaron en el laboratorio de pruebas de la empresa Austenit bajo la supervisión del Ing. André Detry.

Con el propósito de hacer este estudio más confiable, las muestras de cada material sólo se presentaron en el laboratorio de pruebas identificadas con la literal que previamente les fue asignada.

De acuerdo con los objetivos de esta investigación, se efectuaron las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las siguientes propiedades físicas de los materiales A, B y C:

- a. Adhesión
- b. Dureza
- c. Resistencia compresiva
- d. Sorción acuosa
- e. Contracción por Polimerización
- f. Prueba adicional de horneado con luz halógena y calor, solamente para las pruebas b., c. y d.

2.1 Prueba de Adhesión:

Esta prueba se realizó específicamente para determinar la adhesión a la dentina, para lo cual se utilizaron 30 piezas molares extraídas. Estas se preservaron sumergidas dentro de una solución fisiológica hasta el momento en

que fueron requeridas para el experimento. A partir de esta cantidad de piezas dentales, se elaboraron 15 especímenes de prueba compuestos de dos dientes cada uno, destinando 5 de ellos para cada marca comercial de resina objeto de este estudio.

La parte coronal de cada pieza dental, se recortó con fresas cilíndricas de diamante nuevas número 835 a alta velocidad, para formar una superficie plana y circular de 6mm. de diámetro en tejido dentinario que sirvió como área de contacto.

Se usó refrigeración con agua y aire para evitar quemar el diente durante el procedimiento. Posteriormente, se acondicionó la dentina utilizando el ácido grabador y agente de enlace específico para cada una de las marcas comerciales de composita utilizadas, según las indicaciones de cada fabricante.

A continuación, utilizando un calibrador digital Mitutoyo, se midió el diámetro de cada una de las superficies de contacto, tomando en cuenta que dichas superficies no representaban una circunferencia perfecta. Por esta razón, se realizaron dos mediciones del diámetro en cada pieza y luego se promediaron para dar el dato final. El diámetro será utilizado para calcular el área sobre la cual se aplicó la fuerza traccional.

Por último se unieron las superficies de contacto ya preparadas, utilizando una capa de composita de alta densidad fotocurandola por lo menos desde cuatro ángulos diferentes.

Se tuvo el cuidado de que la cantidad de composita que quedó en medio de las dos piezas dentales no fuese mayor a 1mm. pues en estudios anteriores, se determinó que el exceso de material disminuye el grado adhesión.¹³

Una vez elaborados los especímenes, se utilizó una prensa universal Tinius Olsen para aplicar fuerzas traccionales opuestas, incrementando la fuerza hasta lograr separar las dos muelas unidas por la composita. Luego se tomó nota de la fuerza en Kg. con la cual la falla de la unión entre las dos piezas dentales se llevó a cabo. Para determinar el esfuerzo (σ) que se requirió en cada prueba se utilizó la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Area (m}^2\text{)}}$$

El resultado de esta fórmula se da en Megapascals (Mpa.)

2.2 Prueba de Dureza:

Para investigar la dureza superficial de estas tres compositas, se formaron tres grupos de diez casos cada uno, para lo cual se fabricaron el mismo número de muestras en forma de disco de 2mm. de grosor con un diámetro promedio de 6mm. para cada marca de composita utilizando dos lozetas de vidrio nuevas y varios separadores de plástico previamente medidos de 2mm de grosor.

Por cada marca de composita, se polimerizaron cinco especímenes con una lámpara de luz halógena modelo EliparLight marca ESPE® con una longitud de onda 400nm. A los otros cinco, se les fotocuró con la misma lámpara pero además se les sometió a un proceso adicional de curado con luz y calor en un horno D.I. 500 marca Colténe® a una temperatura de 110 grados centígrados durante 8 minutos.

Luego, en un Durómetro Superficial Rockwell modelo 5-JS-BB marca Wilson se realizaron las pruebas de indentación utilizando la escala Rockwell 15T, la cual requiere el uso de una punta indentadora esférica de 1/16 de pulgada de diámetro y una carga principal de 15 Kg. En cada ensayo, se aplicó una pre-carga de 10 Kg. para estabilizar el aparato y compensar por cualquier irregularidad que presentara la superficie de cada probeta. Luego se liberó la

carga principal y se tomó la lectura de la dureza hasta que la aguja de la escala del aparato dejó de moverse. Este procedimiento se repitió tres veces por cada probeta haciendo una primera indentación en el centro y luego dos más a los lados de ésta. Por último, se promediaron las tres lecturas para dar un dato más exacto y significativo de la dureza superficial de cada espécimen tratado.

El resultado final de cada prueba se expresó con el Numero de Dureza Rockwell (HR) y la escala específica utilizada (15T).

2.3 Prueba de Resistencia Compresiva:

Para esta prueba, se elaboraron 3 grupos de 10 cilindros cada uno correspondientes a cada composita a evaluar. A dichos cilindros se les dio una altura de 6mm. y un diámetro de 3mm. Para obtener estas dimensiones, se cortaron fragmentos de 6mm de largo de una varilla de vidrio de 3mm. de luz interna, dentro de los cuales se empacaron las compositas.

De los tres grupos de 10 cilindros, se destinó la mitad de ellos para ser polimerizados utilizando una lámpara de luz halógena EliparLight marca ESPE® con una longitud de onda de 400 nm., La otra mitad de las probetas se polimerizó utilizando la misma fuente de luz, pero además recibieron un proceso

adicional de curado por luz y calor en un horno para compositas D.I. 500 marca Colténe[®] a una temperatura de 110 grados centígrados durante 8 minutos.

Posteriormente todos los cilindros de composita ya fotocurados fueron acabados con discos sof-lex para dejar cada una de las superficies planas lo más lisa posible.

Por último, utilizando una prensa universal marca Tinius Olsen se procedió a aplicar las cargas compresivas a cada una de las probetas hasta que se produjo una falla estructural en el material, momento en el cual se tomó nota de la carga en Kg. que las produjo.

El resultado de estos ensayos se expresó en Megapascals (Mpa) para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Area (m}^2\text{)}}$$

2.4 Prueba de Sorción Acuosa:

Para la realización de esta prueba se utilizaron 30 probetas de 2mm. de espesor con un promedio de 6mm de diámetro, las cuales fueron previamente elaboradas para la prueba de dureza superficial. Se fabricaron 10 por cada marca comercial de composita. De estas diez probetas, las primeras cinco se polimerizaron por medio de luz halógena, y la cinco restantes además de ser polimerizadas por la misma fuente de luz, recibieron un proceso adicional de curado por luz y calor en un horno para copositas tipo D.I. 500 marca Colténe a una temperatura de 110 grados centígrados durante 8 minutos.

Todas las muestras se manipularon con pinzas para evitar que su superficie se contaminara con grasa de la piel u otra sustancia que pudiese afectar el contacto del agua con la probeta.

Durante un período de 48 horas, todas las muestras clasificadas en tres cajas de Petri, se colocaron en un desecador con sales de sílica para llevarlas a un estado de cero humedad a una temperatura de 25 grados centígrados y a una atmósfera de presión. Luego de transcurrido este lapso de tiempo y después de haber verificado por medio de un medidor de humedad que las probetas de compositas se habían desecado, se determinó la masa de cada una de dichas

probetas utilizando una balanza analítica marca Sartorius con capacidad de medir hasta milésimas de miligramo. A esto se le denominó: *peso a cero humedad*.

Posteriormente se pasó a la fase de saturación, para lo cual se colocaron todas las probetas en cajas de Petri cubiertas tanto arriba como abajo de papel filtro No.1 haciendo un *sándwich* con dichas probetas. Luego el papel filtro se empapó con agua destilada.

Para completar esta fase del ensayo, las tres cajas de Petri se introdujeron a un recipiente especial equipado de una rejilla metálica bajo la cual se vertió agua destilada. Por último, se introdujo el recipiente a una incubadora para mantener la temperatura constante a 25 grados centígrados por un período de 48 horas.

Después de este período de saturación de 48 horas, la masa de las muestras se volvió a medir utilizando la misma balanza de la primera medición. A esto se le denominó *peso a máxima saturación*.

Teniendo el peso a cero humedad y el peso a máxima saturación de las 30 probetas, fue posible, utilizando el método de sustracción, llegar a un *peso diferencial* que representa la cantidad de agua en miligramos que fue sorbida por los tres materiales a prueba.

Como último paso, se tuvo que determinar el volumen de las probetas de cada material utilizando un balón de Lechetelier. El resultado se expresa en milímetros cúbicos.

Para poder dar el resultado de este ensayo en las dimensionales adecuadas, es necesario dividir el peso diferencial dentro del volumen de cada muestra lo que nos da en el final, miligramos por milímetro cúbico (mg./mm³).

2.5 Prueba de Contracción por Polimerización:

Esta propiedad física de las compositas evaluadas se determinó por medio del estudio de la *flexión cuspídea*. Para esto, se utilizaron 15 primeros premolares superiores sanos extraídos, específicamente seleccionados provenientes de personas de 12 a 20 años de edad en tratamiento de ortodoncia. La selección de estas edades se basó en la poca probabilidad de que las piezas dentales de estos pacientes estén dañadas por caries así como por la facilidad de obtención de las mismas.

A cada diente se le construyó una base de resina acrílica que cubría la raíz hasta 1mm. por debajo de la unión amelocemetaria. Luego se les fijó por medio

de técnicas adhesivas una pieza de mostacilla en forma de dona cerca del vértice tanto de la cúspide bucal como de la cúspide lingual.

En todas las piezas se tallaron una cavidad de acceso endodóntico mesio-ocluso-distal, con una anchura de $2/3$ de la distancia intercuspídea. Posteriormente, se definieron tres grupos experimentales, integrados cada uno por 5 especímenes a los cuales se les identificó claramente de acuerdo al protocolo ya establecido. Luego se procedió a realizar la primera medición de la distancia intercuspídea usando un calibrador digital Mitutoyo.

Cada grupo se obturó con una composita de alta densidad de diferente marca comercial, para lo cual se utilizó una banda matriz con la ayuda de un portamatrices Tofflemire®. El proceso de obturación elegido fue el de un solo incremento para que fuese más visible aún el efecto de contracción de cada resina. Una vez obturadas todas las piezas y luego de un período de 24 horas de reposo, se realizó la segunda medición de la distancia intercuspídea. Los resultados de ésta medición se compararon con los de la primera, y así se obtuvo el grado de acortamiento de la distancia intercuspídea expresado en milímetros.

Por ultimo, para determinar la tasa de reducción de la distancia intercuspídea sufrida en cada caso, se utilizó una regla de tres simple en la cual la distancia en milímetros de la primera medición constituyó el 100%.

Aunque esto no constituye una medición precisa del porcentaje de contracción por polimerización, si nos permite comparar el comportamiento de las tres compositas estudiadas al ser fotopolimerizadas ya que la flexión cuspídea lograda es un efecto directo de la contracción por polimerización.

2.6 Análisis Estadístico:

Para poder analizar los resultados de este estudio de la manera más objetiva posible se realizaron las pruebas estadísticas siguientes:

- Prueba de Análisis de Varianza:
- Distribución "t" de Student
- Media Aritmética
- Desviación Estándar

MATERIALES Y EQUIPO

- Filtek™ P-60 Posterior Restorative de 3M™
- Synergy™ Compact de Coltene®
- SureFil™ Posterior Restorative de Dentsply®
- Sistema adhesivo Single Bond™ de 3M®
- Sistema adhesivo One Coat Bond™ de Coltene®
- Sistema adhesivo Prime & Bond 2.1™ de Dentsply®
- Pieza de mano de alta velocidad
- Micromotor de baja velocidad
- Fresas de diamante cilíndricas para alta velocidad No. 835
- Portamatriz Tofflemire®
- Bandas matrices
- 30 piezas dentales posteriores (molares) extraídas
- 15 piezas dentales posteriores (premolaes) extraídas
- Discos Sof-Lex™ para acabado de compositas
- Discos de carburo
- Calibrador Vernier Digital Mitutoyo
- Regla milimetrada
- Lámpara de fotocurado EliparLight marca ESPE®

- Horno de luz halógena Coltene® D.I. 500
- Prensa Universal Baldwin-Tate-Emery™
- Durómetro Superficial Rockwell marca Wilson modelo 5J-S-BB
- Balanza analítica marca Sartorius
- Incubadora
- Cajas de Petri
- Papel filtro No. 1
- Balón de Lechetalier para medición de volumen
- Resina acrílica
- Pinza porta-medicamentos
- Piezas de mostacilla
- Agua destilada
- Guantes de látex desechables
- Cámara y película fotográfica Advantix™
- Varilla de cristal de 3mm de diámetro interno.

PRESENTACION DE RESULTADOS

Después de concluir toda la serie de ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades físicas a evaluar de los tres sistemas de compositas estudiadas, hemos obtenido resultados que no siempre se asemejaron o coincidieron con lo publicado por los fabricantes en sus respectivos manuales técnicos.

Algunos ensayos como el de resistencia compresiva y el de dureza superficial produjeron datos que son incluso muy contrarios a lo que el fabricante dice acerca de su producto. Todo esto ha sido razonado tomando en cuenta las limitaciones del presente estudio así como el hecho de que el protocolo para las pruebas realizadas fue distinto al utilizado por los fabricantes.

Todas las pruebas de laboratorio se realizaron utilizando el equipo mas apropiado de acuerdo a los requerimientos técnicos de cada ensayo, contando con la participación y supervisión de personal profesional y completamente capacitado para realizar este tipo de pruebas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC y en la empresa metalúrgica Austenit.

Para realizar un análisis más completo de los datos que aquí se presentan, se utilizaron las pruebas estadísticas de media aritmética, desviación estándar, prueba "t" de Student y la prueba de análisis de varianza para cada uno de los diferentes ensayos con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$, en donde el valor crítico de F fue comparado con la razón de varianzas. Con esto fue posible determinar si había o no una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos para cada material así como entre cada grupo que recibió diferentes procesos de curado.

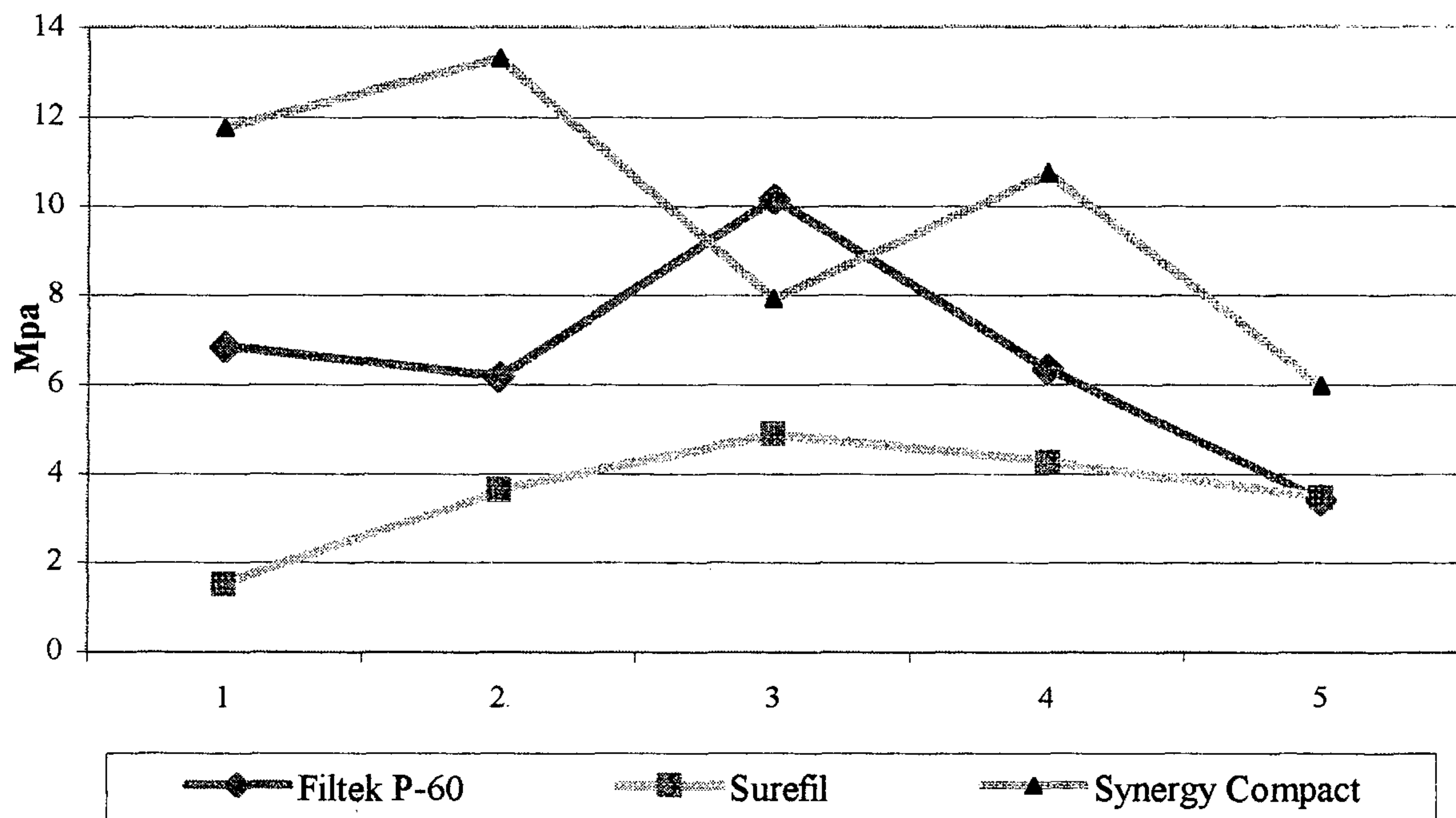
PRUEBA DE ADHESIÓN

Cuadro No. 1 Prueba de Adhesión a Dentina Esfuerzo Tensional Expresado en Megapascuales			
PROBETA	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C
NUMERO	Mpa	Mpa	Mpa
1	6.84	1.5	11.75
2	6.17	3.62	13.31
3	10.16	4.89	7.92
4	6.34	4.26	10.74
5	3.42	3.47	5.96
MEDIA	6.59	3.55	9.94
DESV. EST.	2.4	1.28	2.97

Fuente: Pruebas de adhesión realizadas en Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

De acuerdo a los datos presentados en el cuadro No.1 pudimos determinar que el material C o sea el sistema Synergy Compact /One Coat Bond de Colténe fue el que mejor adhesión a la dentina presentó al soportar un promedio de 9.94 Mpa cuando fue sometido a fuerzas tensionales. Luego le sigue el material A que es el sistema Filtek P-60 /Single Bond de 3M con 6.59 Mpa y por último encontramos al sistema Surefil/Prime & Bond NT de Dentsply con 3.55 Mpa.

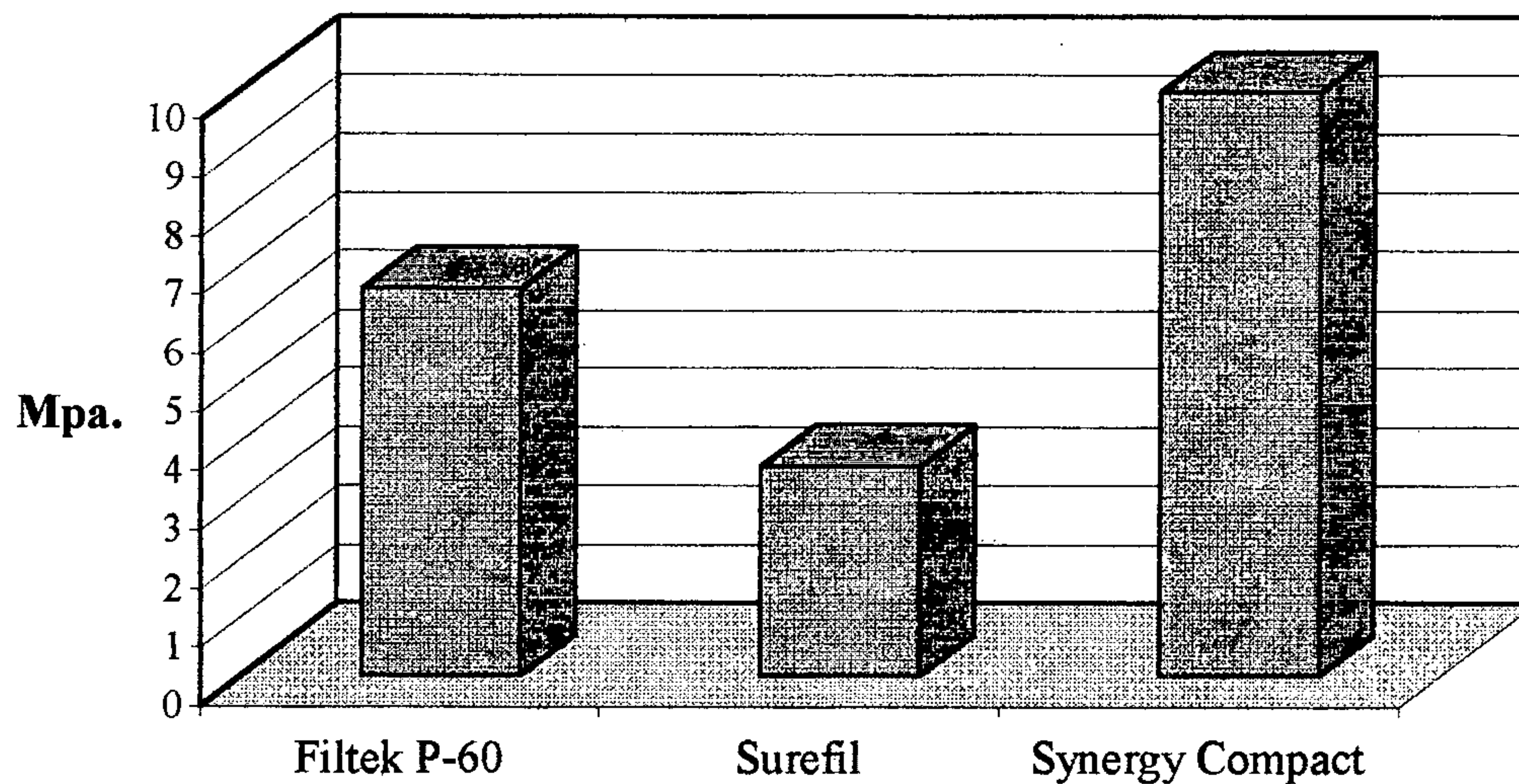
Gráfica No.1 Adhesión a Dentina



Fuente: Cuadro No.1 Prueba de Adhesión a Dentina

En la gráfica No.1 se observa la forma en que se comportaron los resultados obtenidos para los cinco ensayos realizados con cada composita, esto nos permite ver que la dispersión de los datos produce un entrecruzamiento de las líneas de distribución, ilustrando de mejor manera que entre los valores de adhesión para Filtek P-60 y Surefil no existe una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, todo lo contrario pasó con la adhesión que mostró Synergy Compact al ser comparada con las otras dos compositas estudiadas.

Gráfica No.2 Adhesión a Dentina



Fuente: Cuadro No.1 Prueba de adhesión a dentina.

En la gráfica No.2 se observa el valor de la media de los resultados obtenidos para cada material evaluado. El sistema de Synergy Compact fue el que mostró la mayor adhesión a la dentina con 9.94Mpa, seguido por el sistema de Filtek P-60 con una adhesión promedio de 6.59Mpa. La adhesión más baja a la dentina fue obtenida por el sistema de Surefil con un valor de 3.55Mpa.

PRUEBA DE DUREZA SUPERFICIAL

Prueba de Dureza Superficial Rockwell a probetas fotocuradas por luz halógena.

CUADRO No. 2			
MEDICION DE LA DUREZA SUPERFICIAL ROCKWELL HR15T			
PROBETA #	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C
1	83.0	82.7	73.2
2	82.7	81.2	75.3
3	82.5	80.5	73.5
4	84.8	80.8	75.8
5	83.7	81.3	76.5
MEDIA	83.34	81.3	74.86
DESV. EST.	0.93	0.85	1.45

VICKERS Hv	126	117	95.5
BRINELL HB5	110	101	78

Fuente: Ensayo de Dureza superficial realizado en los laboratorios de Austenit.

De acuerdo a los resultados del cuadro No. 2 en donde se utilizaron probetas que fueron polimerizadas solamente con luz halógena, se pudo determinar que la composita de alta densidad que mayor dureza superficial posee es el material A (Filtek P-60) con un número de Dureza Rockwell de HR83.34 seguido por el material B (Surefil) con HR81.30. Por último encontramos que el material C (Synergy Compact) presentó una dureza superficial de HR74.86 lo que lo hace el menos duro de los tres materiales probados. Después de realizar una prueba de análisis de varianza y obtener una $F=79.86$, se pudo determinar que si existe una diferencia estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$ entre los valores de dureza superficial de los tres materiales estudiados al ser comparados entre sí.

2.2 Prueba de Dureza Superficial Rockwell posterior a curado adicional por luz y calor.

CUADRO No. 3			
MEDICION DE LA DUREZA SUPERFICIAL ROCKWELL HR15T			
PROBETA #	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C
6	87.2	87	81.3
7	87.7	88.7	81.5
8	87.2	89.5	81.3
9	88	89.5	82.5
10	87.8	89.17	83
MEDIA	87.58	88.77	81.92
DESV. EST	0.36	1.04	0.78

Fuente: Prueba de Dureza Superficial Rockwell realizada en los laboratorios de Austenit.

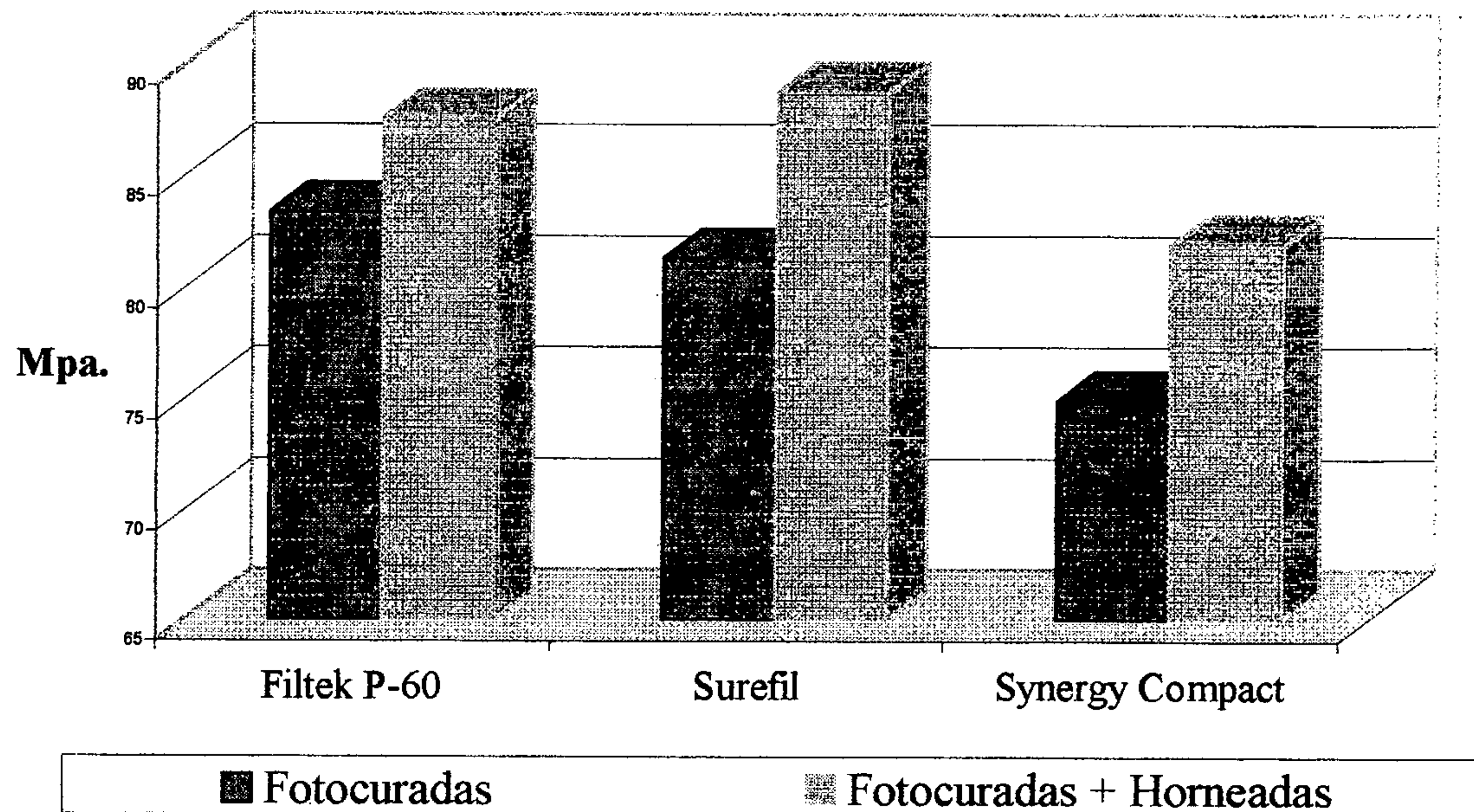
De acuerdo a los datos presentados en el cuadro No. 3 se pudo determinar que la composita más dura superficialmente después de ser horneada fue Surefil de Dentsply con una dureza Rockwell de HR88.77 15T, seguida por Filtek P-60 de 3M con una dureza superficial de HR87.58 15T. La composita que presentó la menor dureza después de ser horneada fue Synergy Compact de Coltène con una dureza de HR81.92 15T.

Después de realizar una prueba de análisis de varianza se determinó que la diferencia de dureza entre los tres materiales ya horneados si es estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$ obteniéndose una $p=0.0000$

Por último, luego de comparar los resultados presentados en los cuadros 2 y 3 se pudo observar que las probetas de los tres materiales estudiados después de haber sido horneados presentaron una mejoría en su dureza superficial con relación las probetas que solo fueron polimerizadas con luz halógena. La composita Filtek P-60 presentó un incremento de su dureza del 5.09%, Surefil un incremento del 9.19% y Synergy Compact un 9.40%.

Después de realizar una prueba de análisis de varianza se pudo comprobar que la diferencia entre la dureza superficial de las probetas de las compositas solamente curadas mediante luz halógena y la dureza de las probetas que fueron horneadas adicionalmente si es estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$, obteniéndose un valor de $p=0.0000$.

Gráfica No.3 Dureza Superficial Rockwell HR15 T



Fuente: Cuadro No.2 y No.3 Prueba de Dureza Superficial Rockwell HR15T

En la gráfica No.3 podemos observar la diferencia entre la dureza de las compositas estudiadas que solo fueron curadas por medio de luz halógena y la dureza obtenida después de haber sido sometidas a un proceso adicional de curado por luz y calor. Es evidente que los tres materiales obtuvieron valores más altos de dureza superficial después de haber sido homeados.

Filtek P-60 es el material que mayor dureza superficial mostró en el ensayo con las probetas fotocuradas por luz halógena con una media de 83.34 HR15 T, seguido por Surefil con una media de 81.30 HR15 T. El material que menor

dureza superficial presentó fue Synergy Compact con una media de 74.86 HR15 T

La composita que más dureza superficial presentó después de ser horneada éste ensayo fue Surefil de Denstply con una media de la Dureza Rockwell de HR88.77 15T, seguido por Filtek P-60 con una dureza de HR87.58 15T. De nuevo, la composita que menor dureza superficial mostró fue Synergy Compact con una dureza superficial de HR81.92 15T.

Por último podemos mencionar que la diferencia entre ambas durezas para cada material si es estadísticamente significativa, y que la diferencia de dureza entre cada marca de composita estudiada también es estadísticamente significativa.

PRUEBA DE RESISTENCIA COMPRESIVA

1. Prueba de resistencia compresiva. Probetas fotocuradas por luz halógena

CUADRO No. 4			
PRUEBA DE RESISTENCIA COMPRESIVA			
ESFUERZO EXPRESADO EN MEGAPASCALES			
PROBETA	MATERIAL A	MATERIAL B	MATERIAL C
No.	Mpa	Mpa	Mpa
1	399.99	180.24	423.95
2	341.61	339.16	259.23
3	349.61	183.56	293.79
4	316.31	195.5	362.38
5	407	285.15	298.79
PROMEDIO	362.9	236.72	327.63
DESV. EST.	39.12	71.68	65.46

Fuente: Pruebas de Resistencia compresiva realizadas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería

En el cuadro No.4 se presentan los datos obtenidos en los ensayos de resistencia compresiva realizados con probetas de compositas curadas por luz halógena en donde Filtek P-60 fue el material que demostró mayor resistencia compresiva con una media de 362.9 Mpa. Luego le siguió el material Synergy Compact que tuvo una resistencia promedio de 327.63 Mpa. Por último se situó el material Surefil con el promedio de resistencia más bajo con 236.72 Mpa.

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se pudo determinar que la diferencia entre los valores de resistencia compresiva en general de los tres materiales si es estadísticamente significativa, sin embargo este mismo análisis nos indica que la diferencia entre la resistencia compresiva de Filtek P-60 y Synergy Compact no es estadísticamente significativa debido a que las curvas de distribución de ambos materiales se traslapan lo suficiente como para ser considerados iguales. Todo esto teniendo un $\alpha = 0.05$.

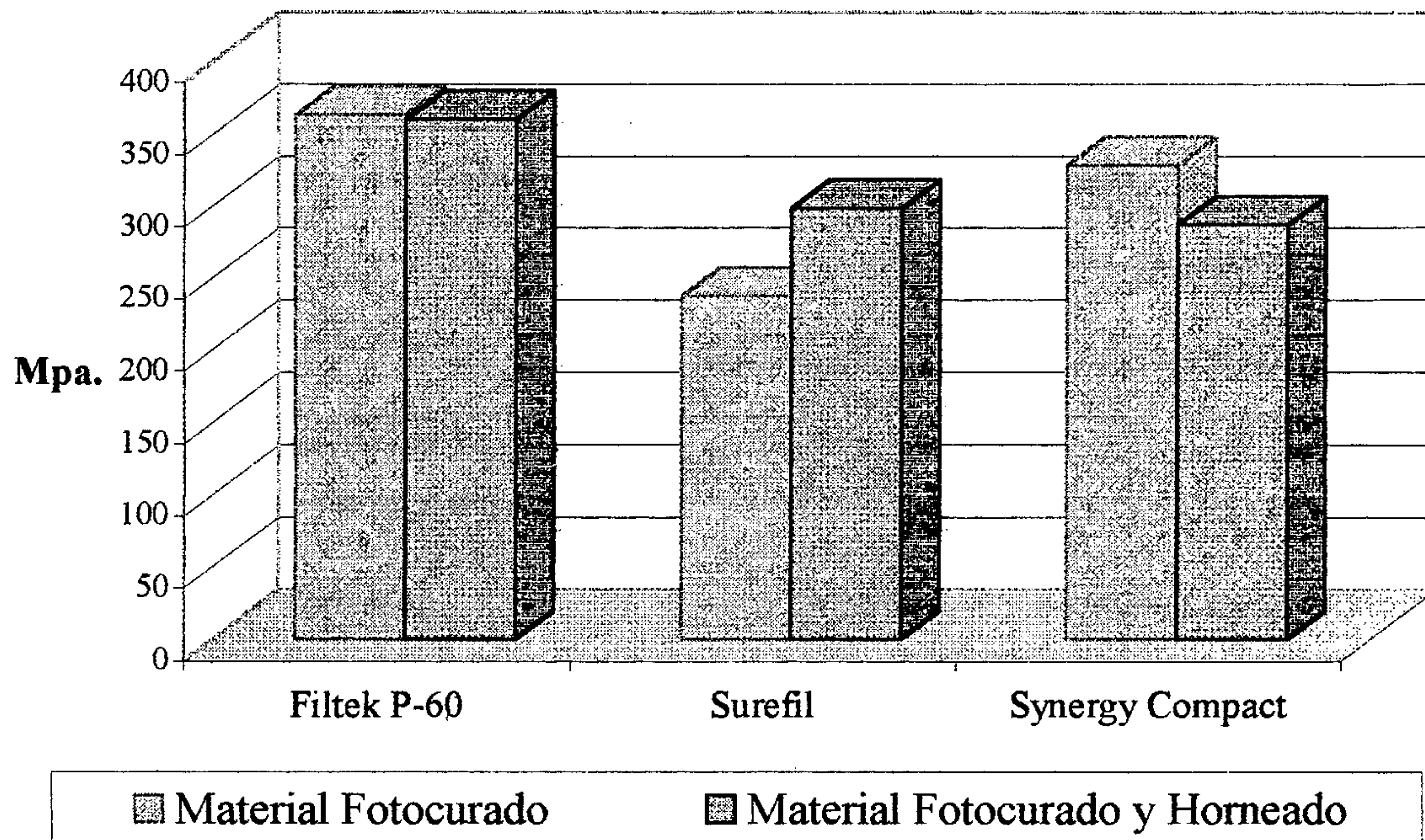
2. Prueba de resistencia compresiva. Probetas fotocuradas con luz halógena y sometidas a curado adicional por luz y calor.

CUADRO No.5 PRUEBA DE RESISTENCIA COMPRESIVA ESFUERZO EXPRESADO EN MEGAPASCALES			
PROBETA No.	MATERIAL A Mpa	MATERIAL B Mpa	MATERIAL C Mpa
6	343.61	388.18	378.7
7	365.08	255.33	161.34
8	415.85	280.83	292.71
9	329.66	310.74	309.11
10	347.91	256.64	291.63
PROMEDIO	360.42	298.34	286.7
DESV.EST.	33.46	55.05	78.65

Fuente: Prueba de resistencia compresiva realizada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería

En el cuadro No.5 se puede observar que después de ser horneados el único material que mostró una mejoría en sus propiedades de resistencia compresiva fue Surefil que aumentó su dureza en un promedio de 61.62Mpa. para llegar a una media de resistencia de 298.34Mpa. Por otro lado, la dureza de Filtek P-60 y de Synergy Compact se redujo. A pesar de esto, Filtek P-60 siguió siendo el material que mejor resistencia compresiva tuvo, con una media de 360.42 Mpa. Por último, encontramos que Synergy Compact que es el material que menor resistencia a la compresión posee después de ser horneado con obteniendo una media de 286.70 Mpa. Por medio del análisis de varianza se pudo determinar que la diferencia entre los tres grupos de resultados no es estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$, por lo que la resistencia compresiva de los tres materiales estudiados puede considerarse igual tomando en cuenta las limitaciones del presente trabajo de investigación.

Gráfica No.5 Resistencia Compresiva



Fuente: Cuadros No. 4 y No.5 Pruebas de Resistencia Compresiva

En la gráfica No.5 se muestran los valores de la resistencia compresiva obtenidos para los tres sistemas de compositas curadas por luz halógena y se comparan con los datos obtenidos por las compositas fotocuradas y que además recibieron un curado adicional por luz y calor.

Filtek P-60 fue el material que mostró el mayor grado de resistencia compresiva en las dos series de resultados obteniendo su máximo valor de resistencia a la compresión cuando solamente fue fotocurada con una media de 362.90 Mpa. En el caso de Surefil podemos decir que este fue el material que más se benefició del proceso de horneado y pasó de ser el material menos

resistente a ser el segundo más resistente después de Filtek P-60. Synergy Compact mostró una disminución de su resistencia compresiva después de ser horneada al obtener una media de 286Mpa. Comparada con los 327Mpa obtenidos cuando solamente fue fotocurada.

La prueba de análisis de varianza nos indica que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$, tanto entre los tres materiales estudiados como entre el grupo de probetas fotocuradas y las que fueron fotocuradas y horneadas. Derivado de esto podemos afirmar que de acuerdo a los resultados obtenidos en este ensayo, el proceso de horneado por luz y calor no tuvo ninguna relevancia significativa al mejorar las propiedades de resistencia compresiva de ninguno de los tres materiales involucrados en la prueba.

PRUEBA DE SORCION ACUOSA

1. Prueba de Sorción Acuosa a 25⁰c. Probetas curadas por luz halógena.

CUADRO No.6 SORCION ACUOSA A 25⁰C EXPRESADA EN MILIGRAMOS POR MILIMETRO CUBICO			
PROBETA No.	MATERIAL A mg/mm²	MATERIAL B mg/mm²	MATERIAL C mg/mm²
1	0.145	0.166	0.036
2	0.075	0.106	0.003
3	0.027	0.015	0.028
4	0.175	0.100	0.043
5	0.183	0.110	0.087
MEDIA	0.121	0.099	0.039
DESV. EST.	0.07	0.05	0.03

Fuente: Prueba de sorción acuosa realizada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC

En el cuadro No.6 se presentan los datos obtenidos de sorción acuosa para los tres tipos de compositas seleccionados en donde A corresponde a Filtek P-60, B es Surefil y C corresponde a Synergy Compact. El material con el índice de sorción acuosa más alto fue Filtek P-60 con una cantidad de 0.121mg/mm³, luego encontramos a Surefil con índice de sorción promedio de 0.099mg/mm³, y el material que menor sorción presento en este ensayo fue Synergy Compact con un promedio de 0.039mg/mm³.

De acuerdo al análisis de varianza realizado para esta prueba, determinamos que no existe una diferencia estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$, entre ninguno de los tres materiales.

2. Prueba de Sorción Acuosa a 25°C. Probetas sometidas a curado adicional por luz y calor.

CUADRO No.7 SORCION ACUOSA A 25°C EXPRESADA EN MILIGRAMOS POR MILIMETRO CUBICO			
PROBETA No.	MATERIAL A mg/mm³	MATERIAL B mg/mm³	MATERIAL C mg/mm³
6	0.112	0.081	0.07
7	0.148	0.114	0.178
8	0.133	0.079	-0.026
9	-0.016	-0.006	0.032
10	0.195	0.1	0.141
MEDIA	0.114	0.074	0.079
DESV. EST.	0.08	0.05	0.08

Fuente: Pruebas de sorción acuosa realizadas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC

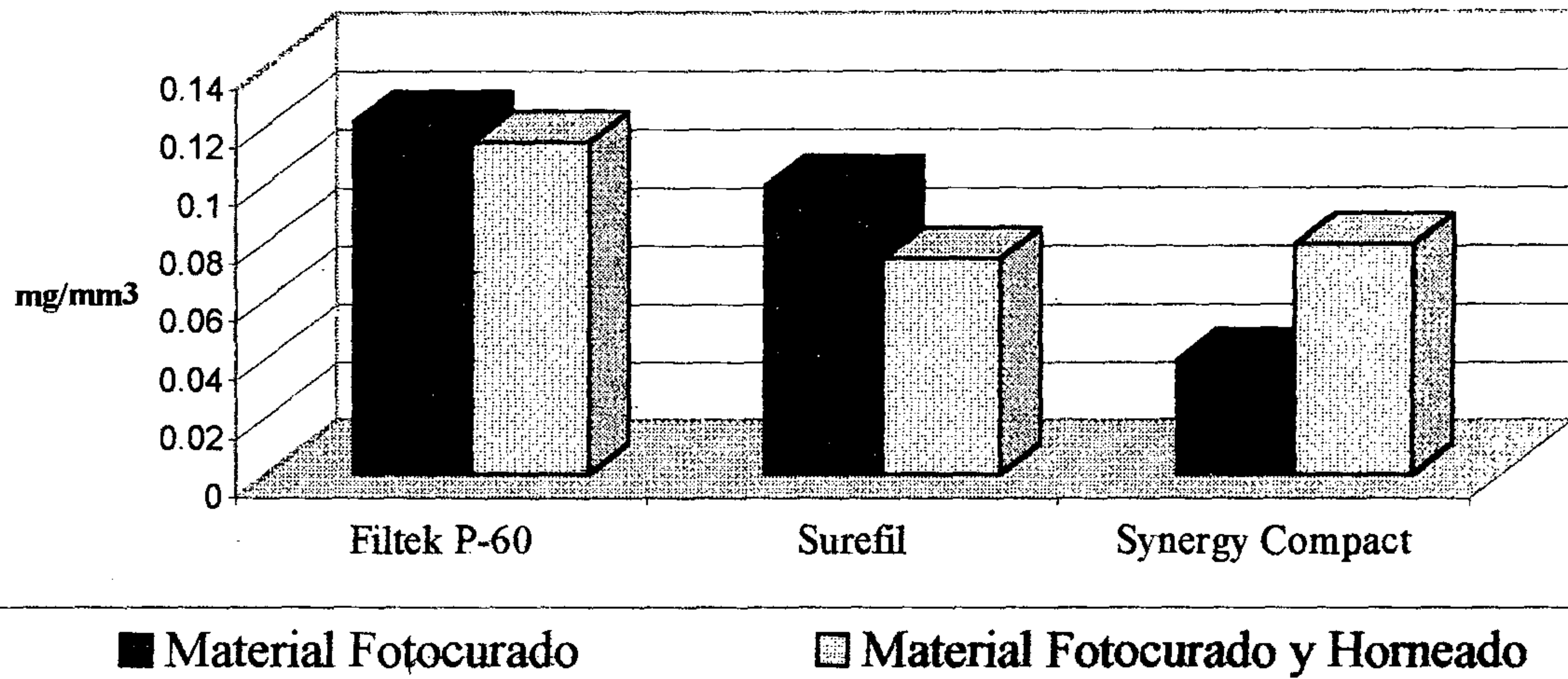
En el cuadro No.7 se presentan los datos de sorción acuosa para los materiales en estudio después de haber sido fotocurados y horneados con luz y calor. La composita con mayor sorción fue Filtek P-60 (material A) que tuvo un valor de 0.114mg/mm³, luego encontramos que Synergy Compact (material C) con un índice de sorción promedio de 0.079mg/mm³ y por último, el material

que menor sorción acuosa presentó después de haber sido horneada fue Surefil (material B) con un promedio de 0.074mg/mm^3 .

En la prueba de análisis de varianza se encontró que la diferencia entre los valores de sorción acuosa de los tres materiales ya horneados no es estadísticamente significativa para un $\alpha=0.05$.

Por último, después de comparar los grupos de probetas que solamente fueron fotocuradas con las que recibieron un curado adicional por luz y calor, se determinó mediante una análisis de varianza que tampoco existe una diferencia estadísticamente significativa.

Gráfica No.6 Sorción Acuosa



Fuente: Cuadros No.6 y No.7 Pruebas de sorción acuosa.

En la gráfica No.6 se pueden observar los valores de sorción acuosa de los tres materiales estudiados tanto del ensayo con probetas fotocuradas como el ensayo con probetas que adicionalmente recibieron un curado adicional por luz y calor. Para los materiales Filtek P-60 y Surefil el proceso de horneado contribuyó a que su sorción acuosa disminuyera de una media de 0.121 a 0.114mg/mm³ y de 0.099 a 0.074mg/mm³ respectivamente. Por otra parte, Synergy Compact después de ser horneada sufrió un aumento de su sorción acuosa ya que subió de 0.039 a 0.079mg/mm³. Después de realizar una prueba de análisis de varianza, se pudo determinar que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre la sorción acuosa del grupo que fue solamente fotocurado y del que recibió un proceso adicional de curado por luz y calor.

PRUEBA DE CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN

CUADRO No.8 PRUEBA DE CONTRACCION POR POLIMERIZACION POR MEDIO DE LA FLEXION CUSPIDEA MATERIAL A				
Probeta No.	1ra. Medición en mm.	Contraído en mm.	Diferencial en mm.	Porcentaje de reducción
1	10.04	9.99	0.05	0.49%
2	9.2	8.9	0.3	3.26%
3	9.92	9.81	0.11	1.11%
4	10.09	9.74	0.35	3.47%
5	9.06	8.91	0.15	1.65%
Media	9.66	9.47	0.19	1.99%
Desv. Est.	0.49	0.52	0.13	0.01

Fuente: Pruebas de contracción por polimerización por medio de la flexión cuspídea utilizando Filtek P-60.

CUADRO No.9 PRUEBA DE CONTRACCION POR POLIMERIZACION POR MEDIO DE LA FLEXION CUSPIDEA MATERIAL B				
Probeta No.	1ra. Medición en mm.	Contraído en mm.	Diferencial en mm.	Porcentaje de reducción
1	8.7	8.53	0.17	1.95%
2	10.3	10.09	0.21	2.04%
3	8.93	8.8	0.13	1.45%
4	9.35	9.33	0.02	0.21%
5	9.84	9.8	0.04	0.41%
Media	9.42	9.31	0.11	1.21%
Desv. Est.	0.65	0.66	0.08	0.01

Fuente: Pruebas de contracción por polimerización por medio de la flexión cuspídea utilizando Surefil.

CUADRO No.10 PRUEBA DE CONTRACCION POR POLIMERIZACION POR MEDIO DE LA FLEXION CUSPIDEA MATERIAL C				
Probeta No.	1ra. Medición en mm.	Contraído en mm.	Diferencial en mm.	Porcentaje de reducción
1	9.59	9.54	0.05	0.52%
2	9.87	9.83	0.04	0.41%
3	9.69	9.67	0.02	0.21%
4	9.57	9.52	0.05	0.51%
5	9.71	9.69	0.02	0.21%
Media	9.69	9.65	0.04	0.37%
Desv. Est.	0.12	0.13	0.02	0.00

Fuente: Pruebas de contracción por polimerización por medio de la flexión cuspídea utilizando Synergy Compact.

En los cuadros No.8, No.9 y No.10, se muestra en la columna llamada *1ra Medición* la distancia intercuspídea en milímetros de las piezas utilizadas en el ensayo antes de ser obturadas con las tres compositas seleccionadas (Filtek P-60 para el cuadro No. 8, Surefil para el cuadro No.9 y Synergy Compact para el cuadro No.10). Luego se muestra la distancia intercuspídea después de haberse obturado la cavidad en bloque y de haber fotocurado el material restaurador. En la columna llamada *Diferencial*, se muestra la diferencia en milímetros entre la distancia obtenida en la primera medición y la obtenida después de la obturación. Esto refleja la flexión cuspídea obtenida en milímetros. Por último

en la columna llamada *Porcentaje* se presenta la tasa de contracción sufrida por la composita utilizada para cada uno de los tres ensayos.

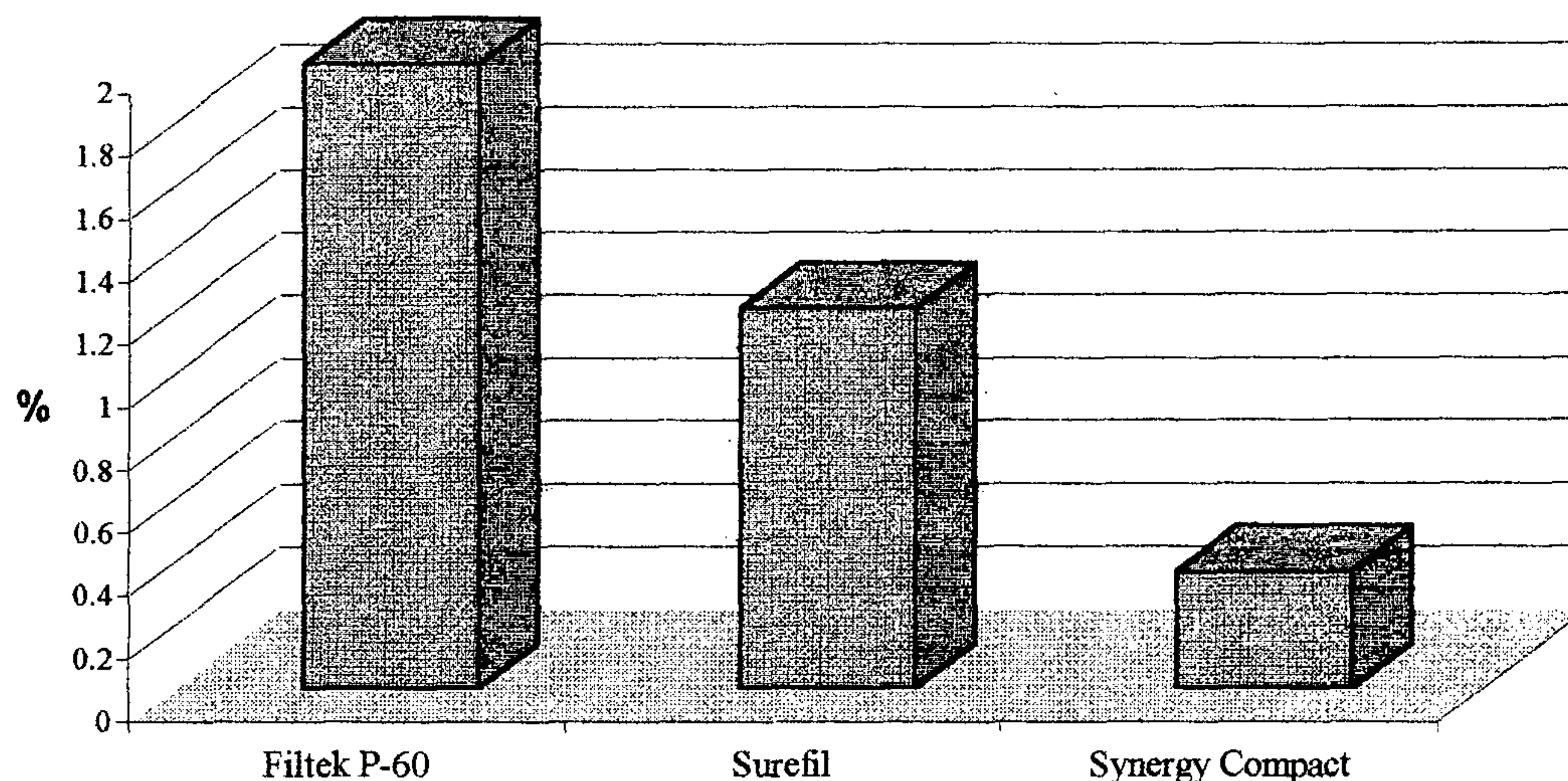
En el cuadro No.8 podemos observar que luego de obturar las cavidades con Filtek P-60 se dio una reducción promedio de la distancia intercuspídea de 0.19mm que significó una tasa de reducción del 1.99% siendo esta la mayor dentro de los tres materiales evaluados.

En el cuadro No.9 se presentan los datos obtenidos para la composita Surefil en donde encontramos que se dio una reducción promedio de la distancia intercuspídea de 0.11mm. Esto equivale a una tasa de reducción del 1.21% lo que lo coloca como el segundo material con mayor contracción de los tres evaluados en este estudio.

En el cuadro No.10 se expresan los resultados obtenidos para la composita Synergy Compact que mostró un promedio de reducción de la distancia intercuspídea de 0.02mm lo que equivale a una tasa de reducción del 0.37%. Este valor lo convierte en el material que menor flexión cuspídea provocó derivada de su contracción por polimerización.

Por último, después de realizar la prueba de análisis de varianza con un $\alpha=0.05$ se pudo determinar que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los materiales evaluados, con la única excepción de la que existe entre Filtek P-60 una tasa de reducción de 1.99% y Synergy Compact con una tasa de 0.037%.

Gráfica No. 7 Contracción por Polimerización por la Flexión Cuspídea



Fuente: Cuadros No.8, No.9 y No.10 de Pruebas de contracción por polimerización por medio de la flexión cuspídea.

En la gráfica No. 7 se pueden observar los porcentajes o tasas de reducción de la distancia intercuspídea que están directamente relacionadas con la contracción volumétrica de la resina al ser polimerizada. Filtek P-60 fue el material que más se contrajo al ser polimerizado ya que produjo una reducción promedio de la distancia intercuspídea del 1.99%. En segundo lugar encontramos a Surefil que obtuvo una tasa de reducción del 1.21% y por último, se situó Synergy Compact que alcanzó una tasa de reducción de la distancia intercuspídea de sólo 0.37%. Es de notar que la única diferencia estadísticamente significativa que se encontró, es la que hay entre las tasas de reducción de Filtek P-60 y Synergy Compact.

DISCUSION DE RESULTADOS

1. PRUEBA DE ADHESIÓN

Los datos de adhesión a la dentina obtenidos en esta prueba, difieren sustancialmente de los que encontramos en los manuales técnicos de cada uno de los productos estudiados. Sin embargo, al comparar las tres marcas de compositas, todas las lecturas se mantuvieron dentro de un rango de un poco más de 6.0 Mpa.

Después de analizar completamente los datos finales, podemos aseverar que el sistema composita-adhesivo que más fuerza tensional soportó fue el de Synergy Compact/One Coat Bond de la casa Colténe, con un promedio de 9.94Mpa. A este material le siguió el sistema Filtek P-60/One Coat Bond de la casa 3M y por último encontramos al sistema Surefil/Prime & Bond NT de la casa Dentsply.

Cabe mencionar que el sistema adhesivo con su respectivo material restaurador que mejor funcionó, utilizaba un gel acondicionador a base de ácido ortofosfórico al 15% el cual se dejó actuar sobre la dentina por 30 segundos, mientras que los otros dos fabricantes utilizan un gel grabador con una

concentración del 36 y 37 por ciento, dejándolo actuar solamente por 15 segundos. Es interesante notar que después del análisis estadístico, se comprobó que entre los dos sistemas que utilizan un ácido grabador similar, no existe una diferencia estadísticamente significativa de su adhesión a dentina, mientras que entre el sistema de Synergy Compact y estos dos materiales si la hay.

2. PRUEBA DE DUREZA SUPERFICIAL

Como resultado de este ensayo, pudimos determinar la dureza superficial Rockwell de cada una de las muestra de los tres materiales estudiados. Utilizando la escala 15T, destinada usualmente para mediciones en metales no ferrosos nos dio la oportunidad de usar una punta indentadora de forma esférica, que se comporta mejor frente a las propiedades elásticas de las compositas usadas para el ensayo.

La resina compuesta que mejores resultados obtuvo usando las probetas solamente polimerizadas por luz halógena fue Filtek P-60 de 3M con una dureza superficial promedio de HR83.34 seguido por Surefil de Dentsply con HR81.30 y por último Synergy Compact de Coltène con HR74.86.

La dureza superficial está muy relacionada con el tamaño de partículas de relleno, y sería lógico pensar que mientras más pequeño sea el tamaño promedio de las partículas, mayor sería la dureza de dicho material una vez polimerizado.

Sin embargo después de analizar los resultados, nos damos cuenta que la dureza de los materiales Filtek p-60 y Synergy Compact difieren significativamente (alrededor de HR9) a pesar de que ambas tienen un mismo promedio de partículas de relleno de 0.6 micrones; a esto podemos agregar que la dureza de Surefil con un promedio de partícula de 0.8 micrones fue bastante superior a la de Synergy pero un poco menor que la de Filtek P-60. A todo esto podemos agregar que después del análisis estadístico realizado, se determinó que si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la dureza superficial de los tres materiales estudiados.

Con respecto al ensayo utilizando las probetas que recibieron un proceso adicional de curado por luz y calor en un horno para compositas, se pudo notar un aumento en la dureza superficial de un 9.19% para Surefil, un 9.40% para Synergy Compact y un 5.09% para Filtek P-60.

Los datos nos dieron como resultado que esta vez fuera Surefil la que obtuviera los mejores resultados con una dureza de HR88.77, luego siguió Filtek P-60 con HR87.58 y por último se ubicó Synergy Compact con una dureza de HR81.92.

Esto nos lleva a afirmar que el proceso de horneado por luz y calor si mejora las propiedades de dureza superficial de los materiales evaluados. Esto puede deberse a que el horneado con luz y calor contribuyó a que cada material formara enlaces más cortos en su matriz, especialmente en su superficie lo que a su vez les dio mayor resistencia a la indentación.

Por último, se comprobó estadísticamente que la diferencia entre la dureza de las compositas no horneadas y las que si fueron horneadas es significativa.

3. PRUEBA DE RESISTENCIA COMPRESIVA

En el ensayo para encontrar la resistencia a la compresión de las tres compositas estudiadas encontramos que aunque las cifras de la dureza en Megapascals obtenidas no coincidían con las publicadas en los manuales técnicos de los tres fabricantes, si coincidieron parcialmente en confirmar que de los tres productos el que tiene la menor resistencia compresiva es Surefil con

236.72 Mpa. Filtek P-60 fue el que mostró la mayor resistencia con 362.90Mpa seguido de Synergy Compact con 327.63Mpa.

No se pudo establecer una relación directa entre el porcentaje de relleno por volumen ni por peso y la resistencia a la compresión de estos materiales.

Por otro lado, el tamaño de partícula del relleno aparentemente si influyó en el grado de resistencia de las compositas puesto que Surefil con un tamaño promedio de 0.8 micrones fue la más frágil con alrededor de 90Mpa menos de resistencia que Synergy y 126Mpa menos que Filtek P-60.

Esto podría deberse a que tanto Synergy como Filtek P-60 poseen un tamaño promedio de partículas menor, que ofrecen una superficie de contacto mayor entre las mismas y la matriz orgánica que mejora la unión de todos los componentes al momento de polimerizarse el material.

En el análisis estadístico, se determinó que la diferencia entre estos últimos dos materiales no es significativa, que es contrario a lo que sucedió al comparar a ambos materiales con Surefil.

En la segunda parte del ensayo, utilizando las probetas que habían recibido un curado adicional por luz y calor, la resistencia compresiva de Filtek P-60 no sufrió un cambio significativo al aumentar en sólo 2.48Mpa.

Por otro lado, la dureza de Surefil sí se incrementó en 61.62Mpa llegando a una resistencia promedio de 298.34Mpa. Esto la colocó en segundo lugar detrás de Filtek P-60 que alcanzó una resistencia a la compresión de 360.42Mpa. Por último encontramos a Synergy Compact que en vez de mejorar, su resistencia compresiva fue menor que en la obtenida con las primeras cinco probetas que solo fueron fotocuradas llegando a solo 286.70Mpa.

Es interesante observar que el proceso de horneado por luz y calor no produjo una mejoría estadísticamente significativa en las propiedades de resistencia compresiva ya que después de realizar el análisis de varianza, los grupos de datos obtenidos se mostraron muy similares, incluyendo a Surefil que fue la única composita que mostró un aumento en su resistencia a la compresión.

4. PRUEBA DE SORCION ACUOSA

En esta prueba se obtuvieron los valores de sorción acuosa de los tres materiales objeto de este estudio. Comparados con los datos que aparecen en los

manuales técnicos de los fabricantes son bastante menores tomando en cuenta que el protocolo de los ensayos es diferente y considerando las limitaciones del presente estudio. Sin embargo la relación entre los valores obtenidos entre uno y otro material nos indican que todos estuvieron dentro del mismo rango y que sí se evaluaron bajo condiciones iguales para cada uno.

Analizando los resultados, fue evidente que el material que presentó la mayor sorción acuosa fue Filtek P-60 con una media de 0.121mg/mm^3 de agua. Luego encontramos que la sorción de Surefil fue menor con un promedio de sólo 0.099mg/mm^3 , pero el material que menos sorción presentó fue Synergy Compact teniendo únicamente 0.039 mg/mm^3 de agua sorbidos. Sin embargo luego de realizar el análisis estadístico se concluyó que la diferencia entre estos tres materiales no es significativa.

En el ensayo practicado a las probetas que recibieron un curado adicional por luz y calor se encontró que el grado de sorción de Filtek P-60 disminuyó junto con el de Surefil, no así la sorción de Synergy que se aumentó al doble.

Los cambios mencionados tanto para Filtek P-60 como para Surefil pueden atribuirse a que durante el proceso de horneado los enlaces de Van der Waals de su matriz se acortaron aún mas y por lo tanto formaron una superficie más

homogénea y compacta que es menos permeable. Por otro lado, lo sucedido con Synergy Compact nos hace suponer que el proceso de horneado tuvo un efecto permeabilizante lo que aumentó la sorción acuosa del material casi al doble. Sin embargo de acuerdo al análisis estadístico realizado, no existe ninguna diferencia significativa entre la sorción de la composita solamente fotocurada y la que recibió el proceso de horneado adicional. Tampoco existió una diferencia significativa entre las tres marcas de compositas con o sin horneado.

5. PRUEBA DE CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACION

En esta prueba se determinó indirectamente la contracción por polimerización de cada uno de los tres materiales estudiados por medio de la reducción de la distancia intercuspídea. Los resultados nos indicaron que Filtek P-60 es la resina que mayor reducción de dicha distancia sufrió con un promedio de 1.99% de su valor original. A esta le siguió Surefil con un 1.21% de reducción. Por último la resina que menos reducción de la distancia intercuspídea presentó fue Synergy Compact con tan solo un 0.37%.

Aunque este dato no es una valoración exacta de la contracción volumétrica de estas tres compositas, la reducción de la distancia intercuspídea es una forma

de ver el comportamiento de la contracción de estos materiales a al ser fotocurados.

El grado de contracción por polimerización está ligado a la cantidad de resina o matriz orgánica que tenga una composita ya que es esta parte de la mezcla la que se contrae al ser fotopolimerizada. Teniendo en cuenta esto, podríamos pensar que Surefil al tener el mayor porcentaje de relleno tanto por peso como por volumen, presentaría el menor grado de contracción por polimerización pero de acuerdo a los resultados, ésta fue mucho mayor que la de Synergy aunque no tan alta como la de Filtek P-60.

A esto le podemos sumar que la diferencia de los datos obtenidos para Filtek P-60 y Synergy Compact es la más grande (alrededor de 1.6%) y son estas dos resinas las que más se parecen en el porcentaje de relleno que incluyen en su fórmula.

Lo interesante es que al comparar la tasa de reducción de la distancia intercuspídea de los tres materiales, la diferencia entre estos no es estadísticamente significativa a excepción de la que existe entre Filtek P-60 con una media de 1.99% y Synergy Compact con un promedio de 0.37%. Esto coincide en cierta medida con la relación de los valores de contracción por

polimerización de estos mismos materiales publicados por sus fabricantes, que son de 2.0% para Filtek P-60, y <2.0% para Surefil.

El índice de contracción por polimerización de Synergy Compact (2.7%), es el más alto de los tres de acuerdo a los manuales técnicos de los materiales estudiados. Sin embargo, Synergy fue la composita que menor reducción de la distancia intercuspídea provocó al momento de contraerse. Esto nos hace pensar que el tipo de material no tiene tanta incidencia en el grado de flexión cuspídea como el ancho, diseño y profundidad de la cavidad a obturar.

CONCLUSIONES

1. El sistema adhesivo Synergy Compact/One Coat Bond de Colténe fue el que presentó la mayor adhesión a la dentina, seguido en orden descendente por los sistemas Filtek P-60/Single Bond de 3M y Surefil/Prime & Bond NT de Dentsply.
2. La resina compuesta de alta densidad que mayor dureza superficial Rockwell presentó después de ser fotocurada, fue Filtek P-60 de 3M; siguiéndole la composita Surefil de Dentsply; y por último, la composita Synergy Compact de Colténe.
3. Después de ser horneada, la composita de alta densidad que mayor dureza superficial Rockwell demostró fue Surefil de Dentsply; en segundo plano quedó Filtek P-60 de 3M; y en el tercero se situó Synergy Compact de Colténe.
4. Filtek P-60 de 3M fue la composita que mostró la mayor resistencia a la compresión después de ser fotocurada, seguida en orden descendente por Synergy Compact de Colténe y Surefil de Dentsply.

5. Después de haber sido horneada, la composita de alta densidad que mayor resistencia compresiva demostró fue Filtek P-60 de 3M, a esta le siguió Surefil de Dentsply y por ultimo Synergy Compact de Colténe.
6. La resina compuesta de alta densidad que mostró la menor sorción acuosa después de ser fotocurada fue Synergy Compact de Colténe seguida en orden ascendente por Surefil de Dentsply y Filtek p-60 de 3M.
7. Luego de ser sometida a un proceso adicional de curado por luz y calor, la composita que mayor sorción acuosa presentó fue Filtek P-60 de 3M seguida en orden descendente por Synergy Compact de Colténe y por Surefil de Dentsply.
8. La composita de alta densidad que mayor contracción por polimerización mostró fue Filtek P-60 de 3M, seguida por Surefil de Denstply y por último por Synergy Compact de Colténe.
9. El proceso de horneado con luz y calor contribuyó a mejorar las propiedades de dureza superficial de las tres compositas estudiadas, la resistencia compresiva de Surefil y las propiedades de sorción acuosa de Filtek P-60 de 3M y de Surefil de Dentsply.

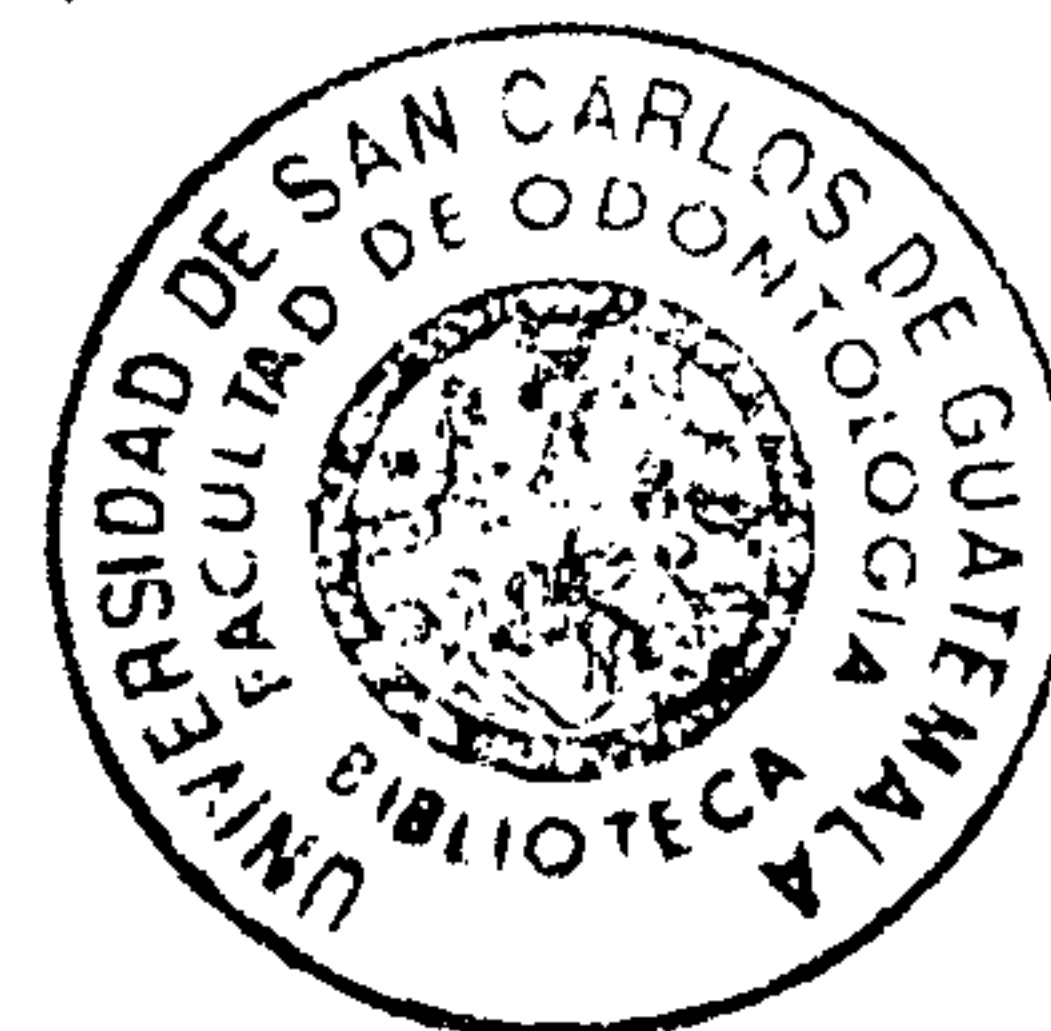
10. De acuerdo a los datos obtenidos en todos las pruebas de laboratorio de este estudio, podemos concluir que no hay un material que sea completamente superior a los otros dos.

RECOMENDACIONES

1. Crear un laboratorio en la Facultad de Odontología para la realización de estudios sobre las propiedades de los materiales dentales que se estén utilizando en el mercado actual para mantener un conocimiento de vanguardia.
2. Realizar un estudio donde se evalúen las propiedades físicas de las compositas de alta densidad en el cual, el tamaño de la muestra sea mayor para poder tener una distribución normal de los datos que se obtengan.

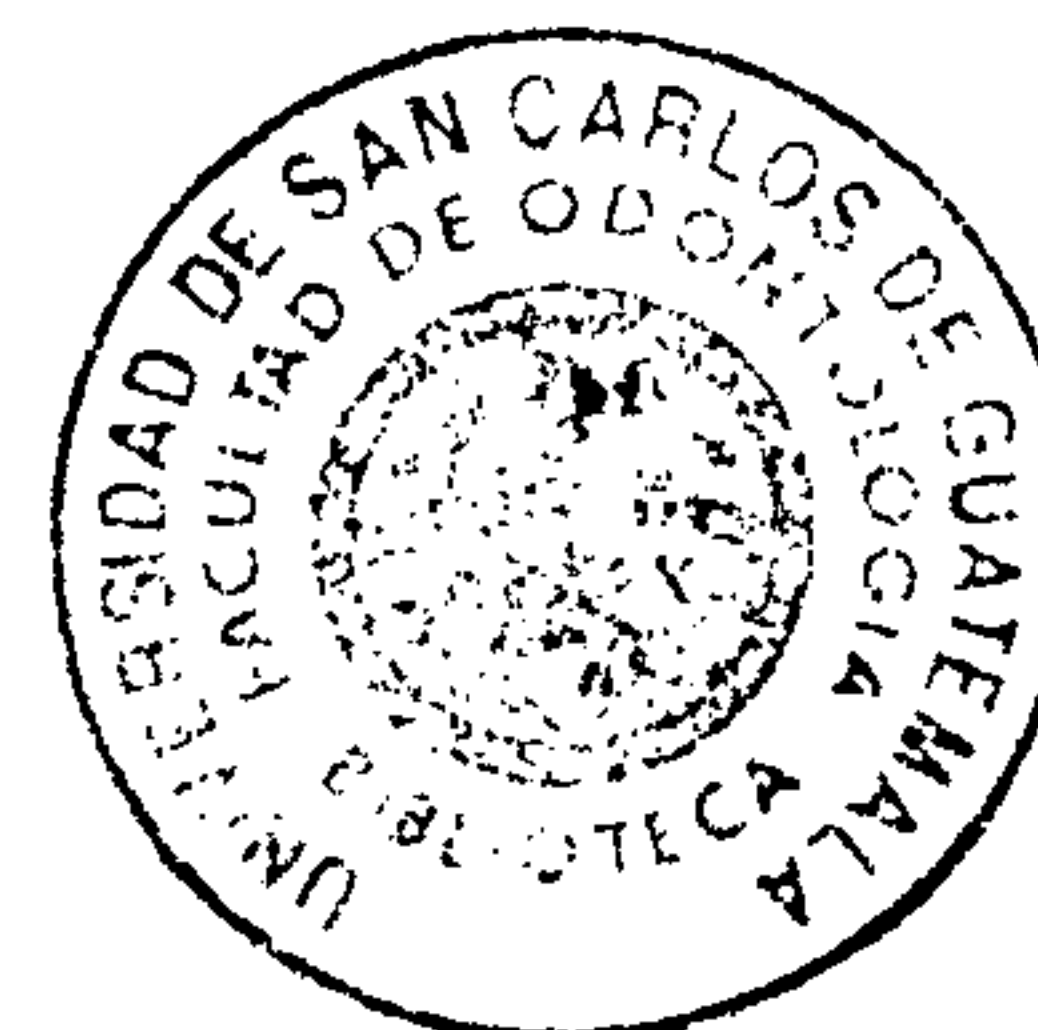
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Albers, H.F. and H. Aso. Direct composite restoratives. Adept report 2(4):54-65, 1991.
2. Arellano, A.-- Composites condensables para sectores posteriores, una alternativa a la amalgama.-- Universidad del País Vasco, Departamento de Estomatología, 1999.--2p.
3. Armas, Norma.-- Evaluación de restauraciones clase I oclusal de resinas compuestas fotocuradas en premolares realizadas en las clínicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los años 1994-1996. --Tesis (Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1998.-- 48p.
4. Bauer, J. and A.A. Caputo. The surface of composite resin finished with instruments and matrices. J. Prosthetic 50(3) :351-357, Sept. 1983.

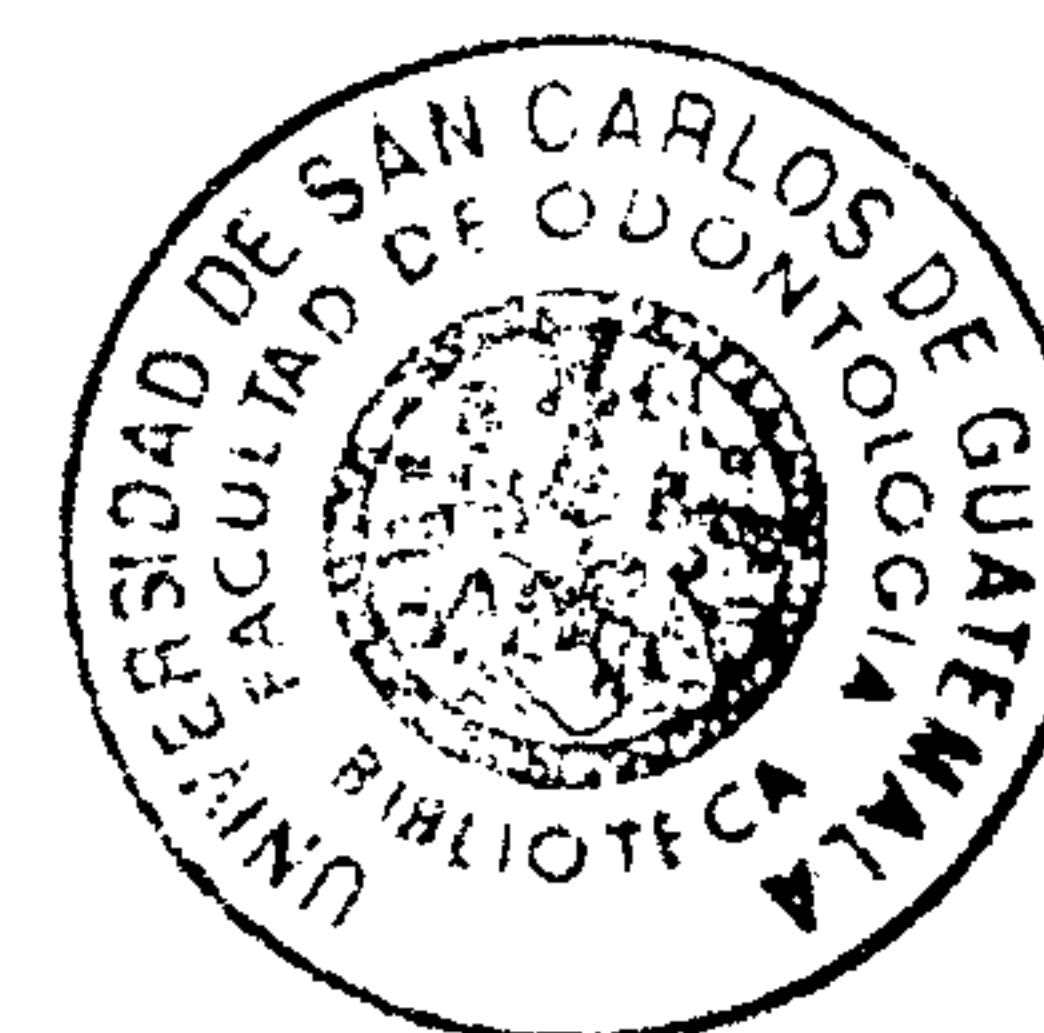


24 OCT 2002

5. Burdairon, G. Manual de biomateriales dentarios; traducido por Angel F. Espías, José María Vega del Barrio. Barcelona : Masson, 1991.--
320p.
6. Cáceres, J. Requisitos que debe cumplir hoy en día una resina para
posteriores. Rev. Guatemalteca de Estomatología 2(1) : 10-11, Sept.
1989.
7. Colténe Whaledent.-- Documentación técnica de One Coat Bond.
Información para el uso. Suiza. 1999.
8. _____.-- Manual técnico de Synergy Compact. Suiza, Diciembre
1998.-- 15 p.
9. Dentsply.-- Manual técnico de Prime & Bond NT. Estados Unidos. Abril
1999.—20p.
10. _____.-- Manual técnico de SureFil. Estados Unidos. 1999.-- 19 p.

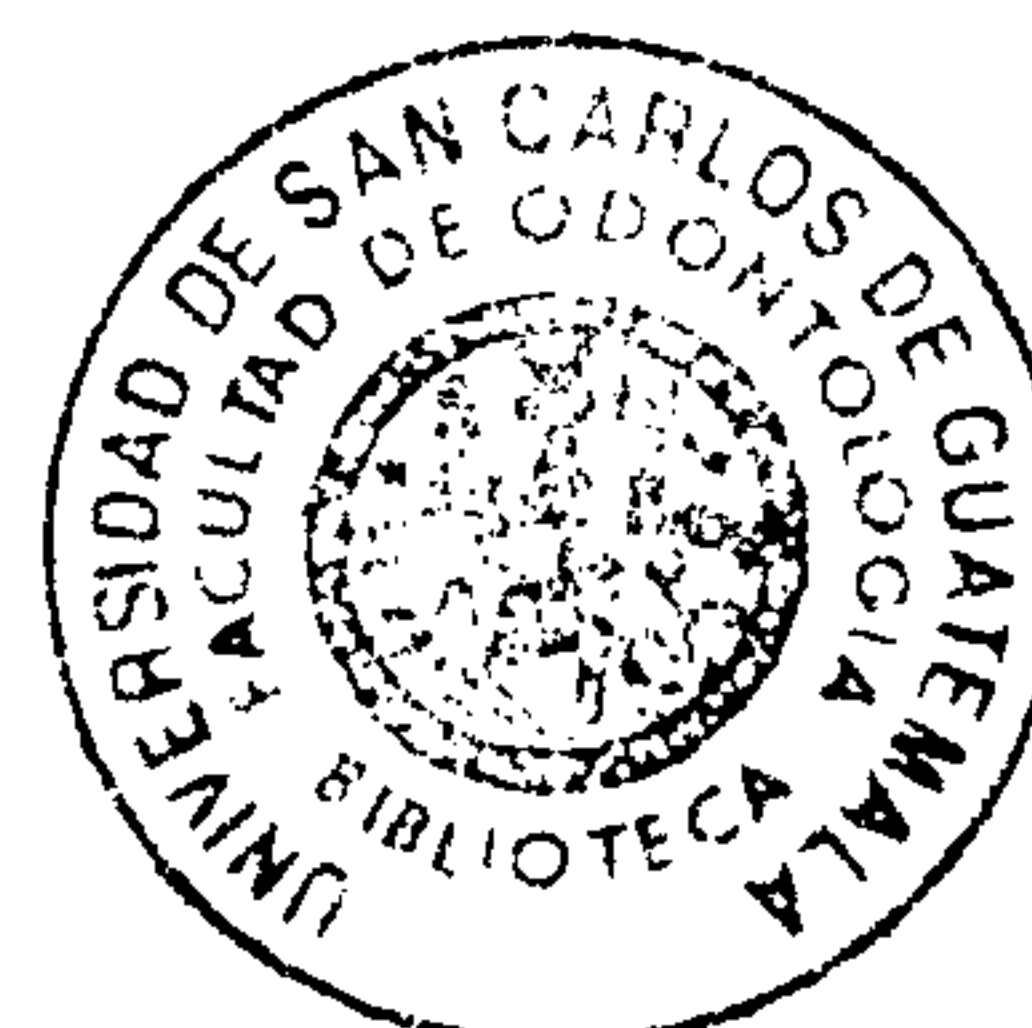


11. Estudio de la flexión cuspídea causada por SureFil y Dyract AP en cavidades de acceso endodóntico MOD / S. González...[et al.].—
DentNoticias. 12(1) : 14-15, Mayo 1999.
12. Fusayama, T.-- Factores y prevención de irritación pulpar por medio de restauraciones adhesivas de resina compuesta. En: Seminario sobre resinas compuestas en dientes posteriores. [1ro. :27 Agosto, 1988 : SantaAna, El Salvador].-- 3p.
13. Herman, Jorge M.-- Estudio comparativo de adhesión, dureza y resistencia compresiva entre ionómeros de vidrio con aleación para amalgama de plata vrs. Ionómeros fotocurables.-- Tesis (Cirujano Dentista) --Guatemala, Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Odontología, 1996.--42p.
14. Kanca, J. Resinas compuestas fotocuradas con luz del espectro visible, comparación de dureza y uniformidad de curado. En: Seminario sobre resinas compuestas en dientes posteriores. [1ro.: Agosto, 1988 : Santa Ana, El Salvador].-- 2p.



24 OCT 2002

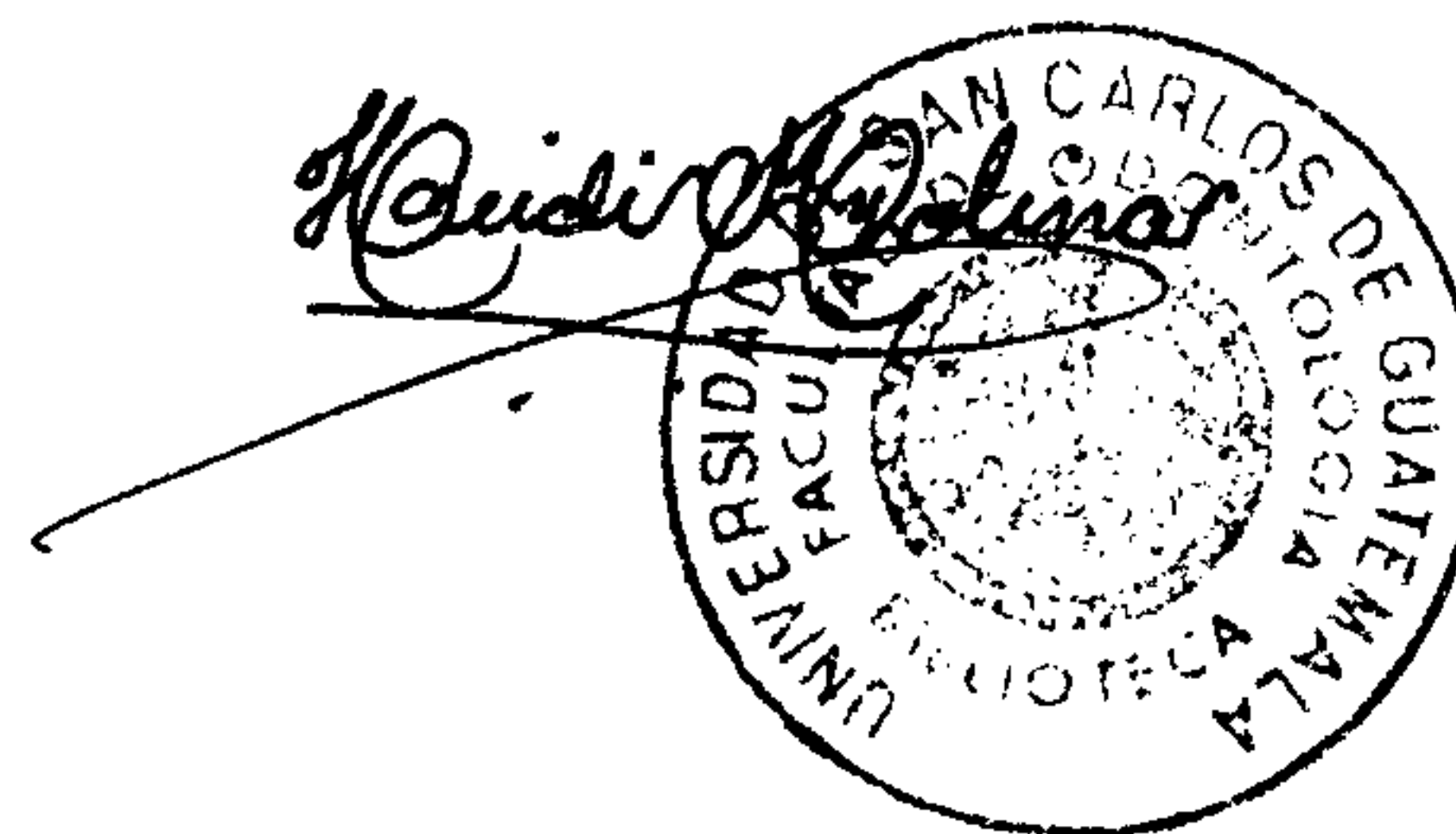
15. Ott, G. -- Composition and development of dental composites. / G. Ott ;
trad. por Danilo Chavarría Méndez. Ivoclar-Vivadent
Liechtenstein, AG 5: 13-19, Mayo 1990.
16. Peyton, Floyd A.-- Materiales dentales restauradores / Floyd A. Peyton,
Robert G. Craig ; trad. Por Ricardo Luis Macchi. 4a. Edición.
Buenos Aires ,Argentina : Editorial Mundi 1974. pp. 37-88, 431-
453.
17. Roth, Françoise.-- Los composites/ Françoise Roth; trad. Por María Pié
Juste. Barcelona : Masson, 1994.-- 244pp.
18. 3M Dental Product Division.--Manual técnico de Filtek P60. USA.
1999,--42p.
19. _____.-- Manual técnico de Single Bond Adhesive.-- USA : 1998.
20. Uribe, Jorge.-- Operatoria dental, ciencia y práctica / Jorge Uribe
Echeverría. Madrid : Ediciones Avances, 1990. pp. 319-329.



24 OCT 2002

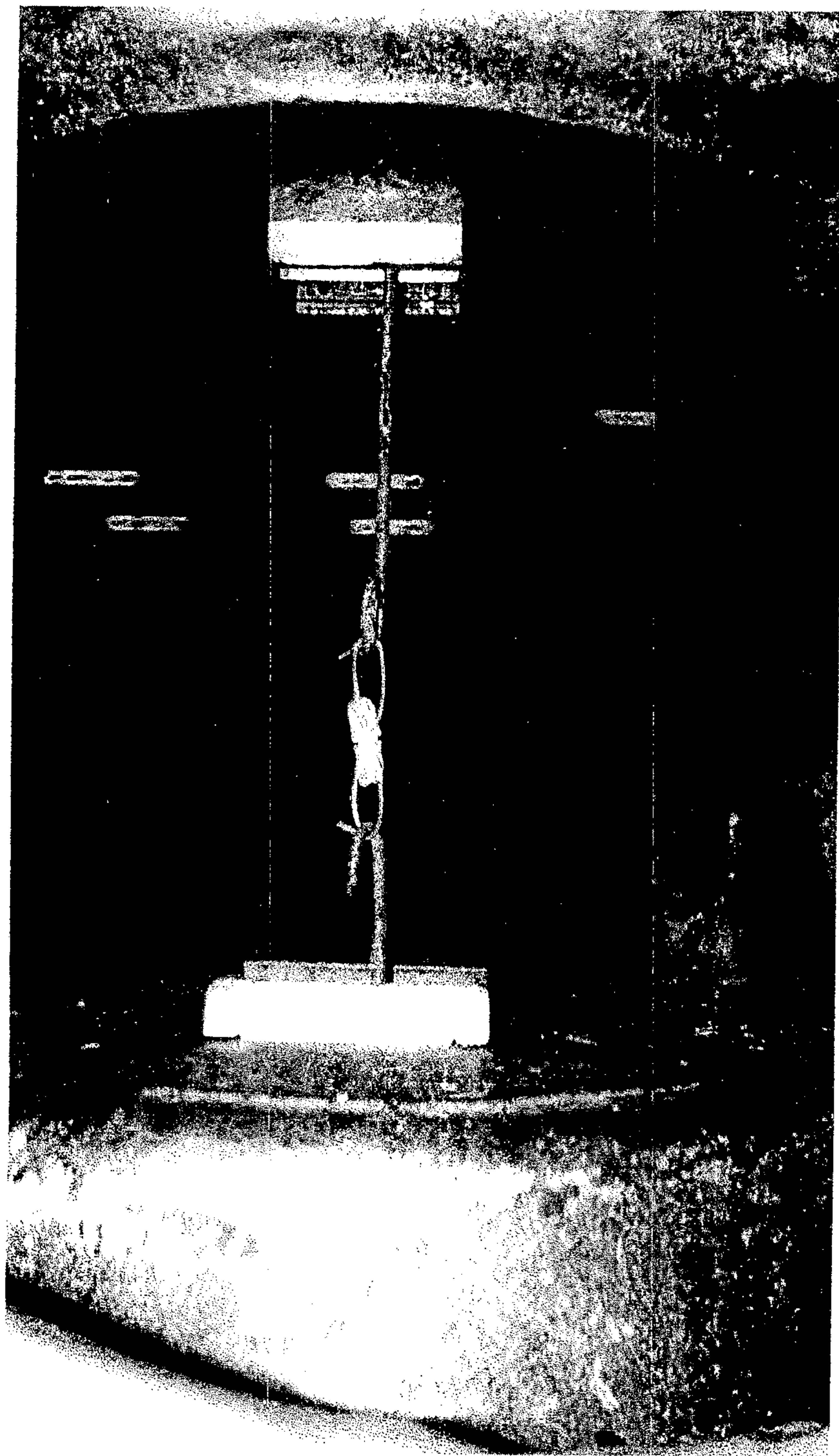
21. Vélez, Carlos.-- Resinas Condensables. En: internet.

<http://www.infoweb.com.pe/alodyb/spag07.html>. 02/08/2000.

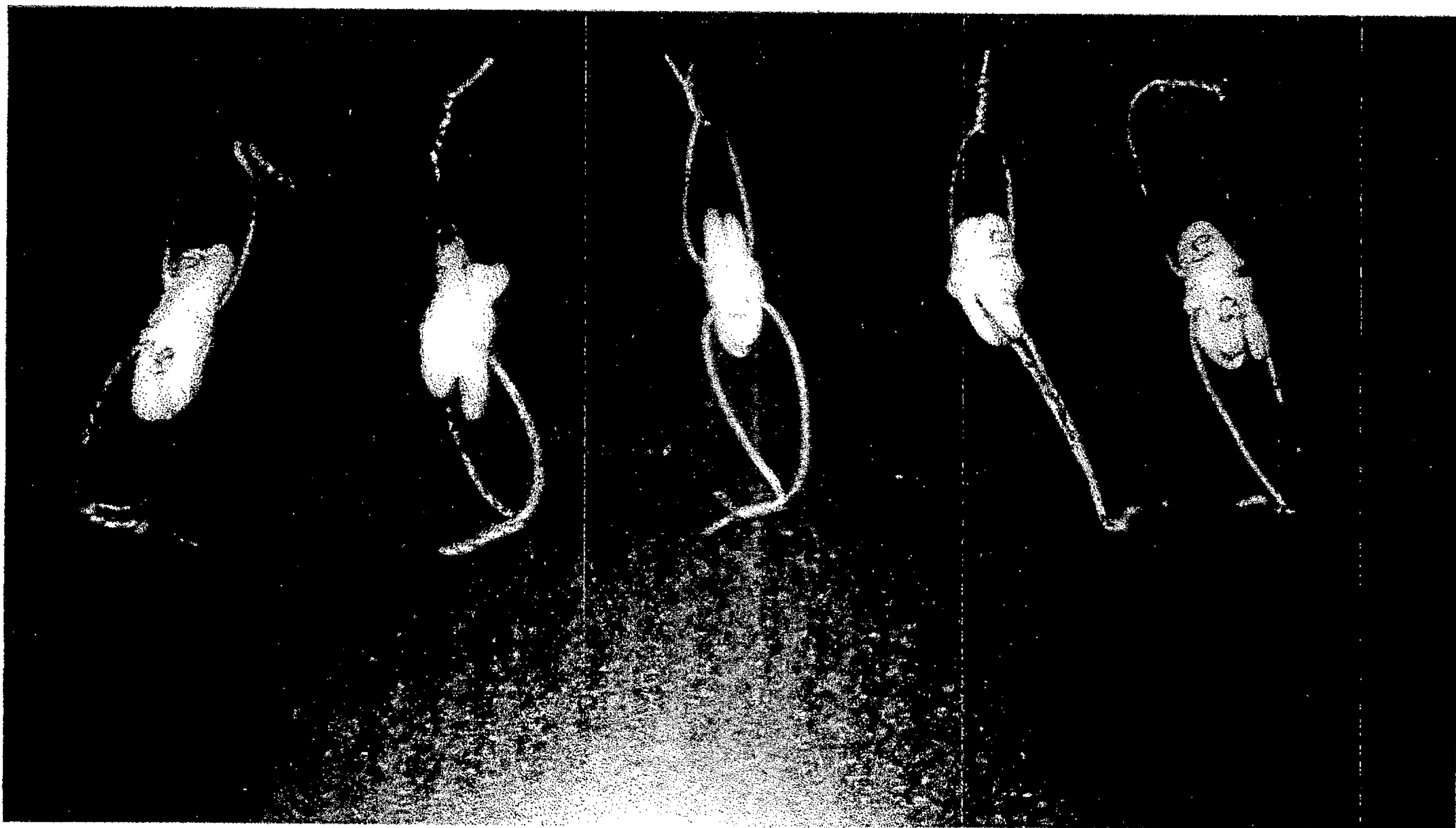


24 OCT 2002

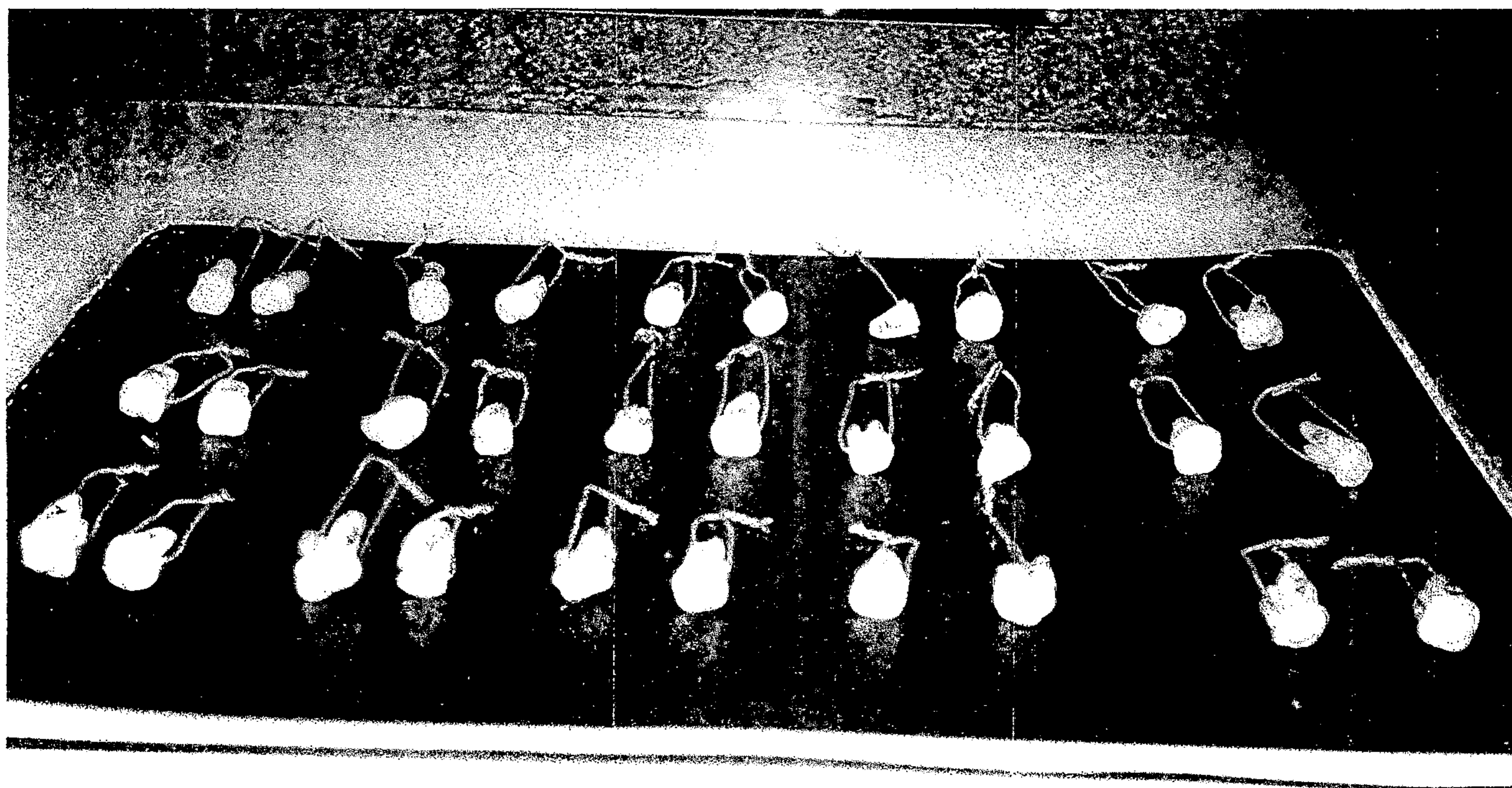
ANEXOS



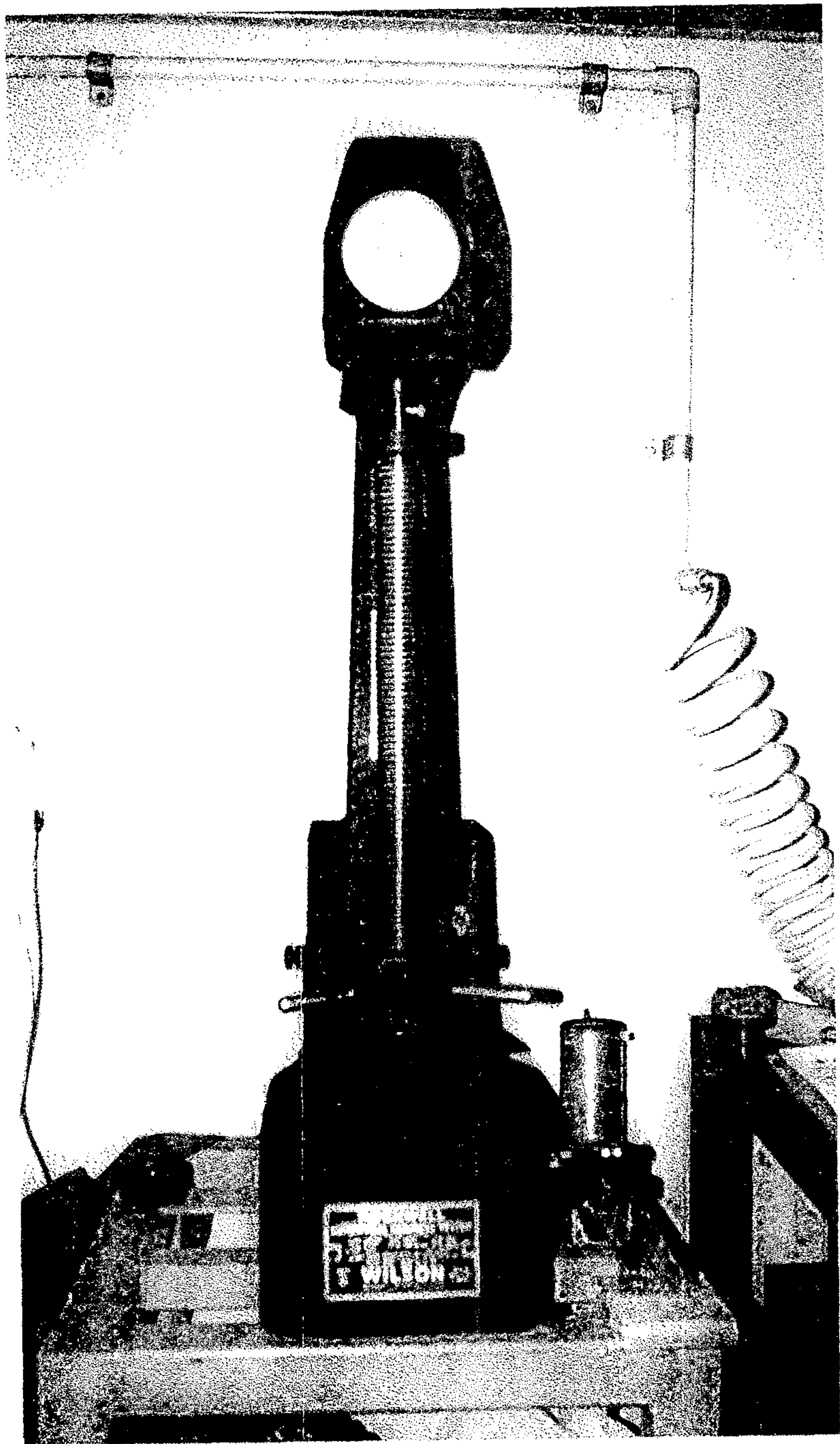
Prueba de adhesión en prensa universal



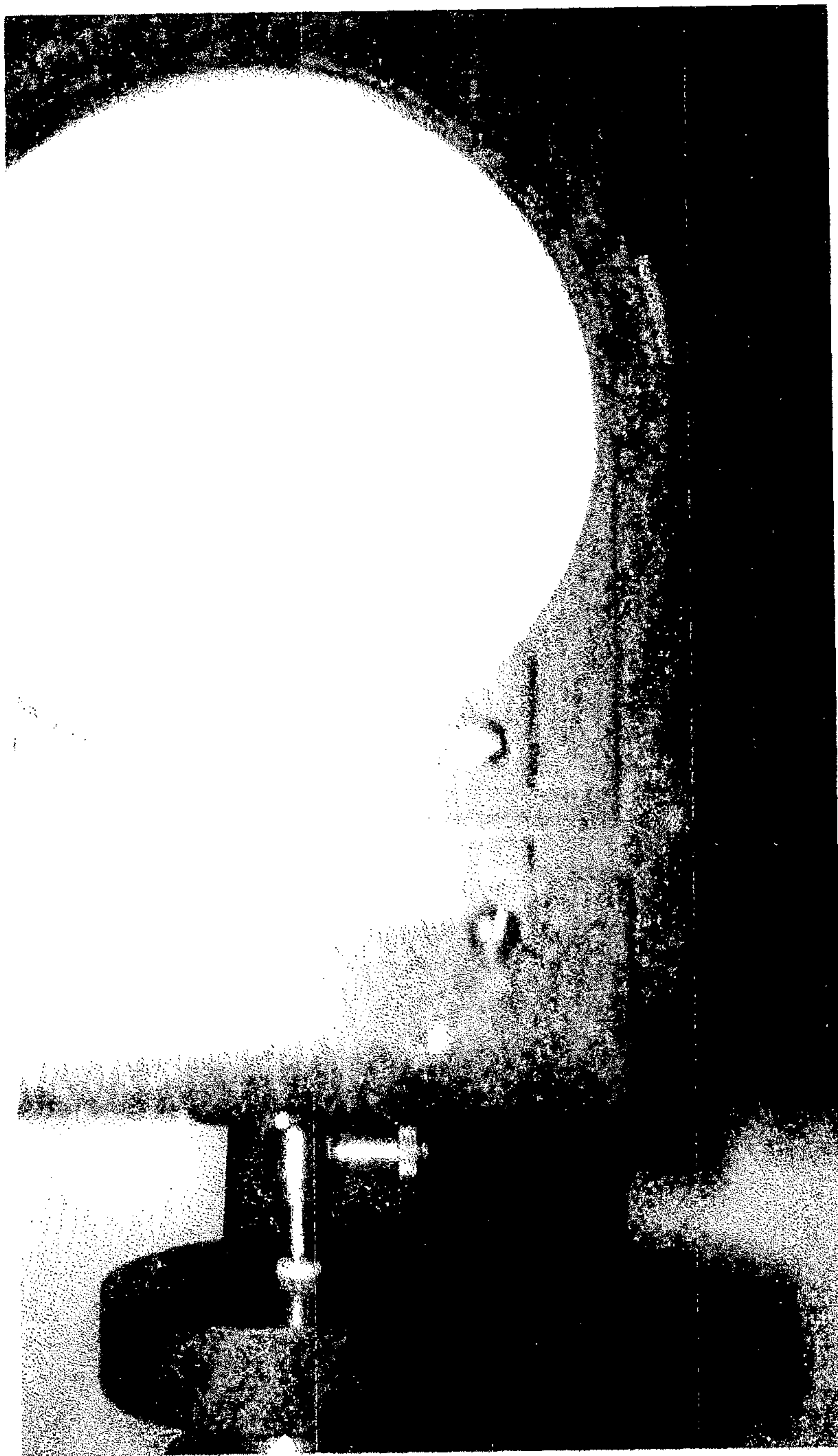
Especímenes de prueba previo al ensayo



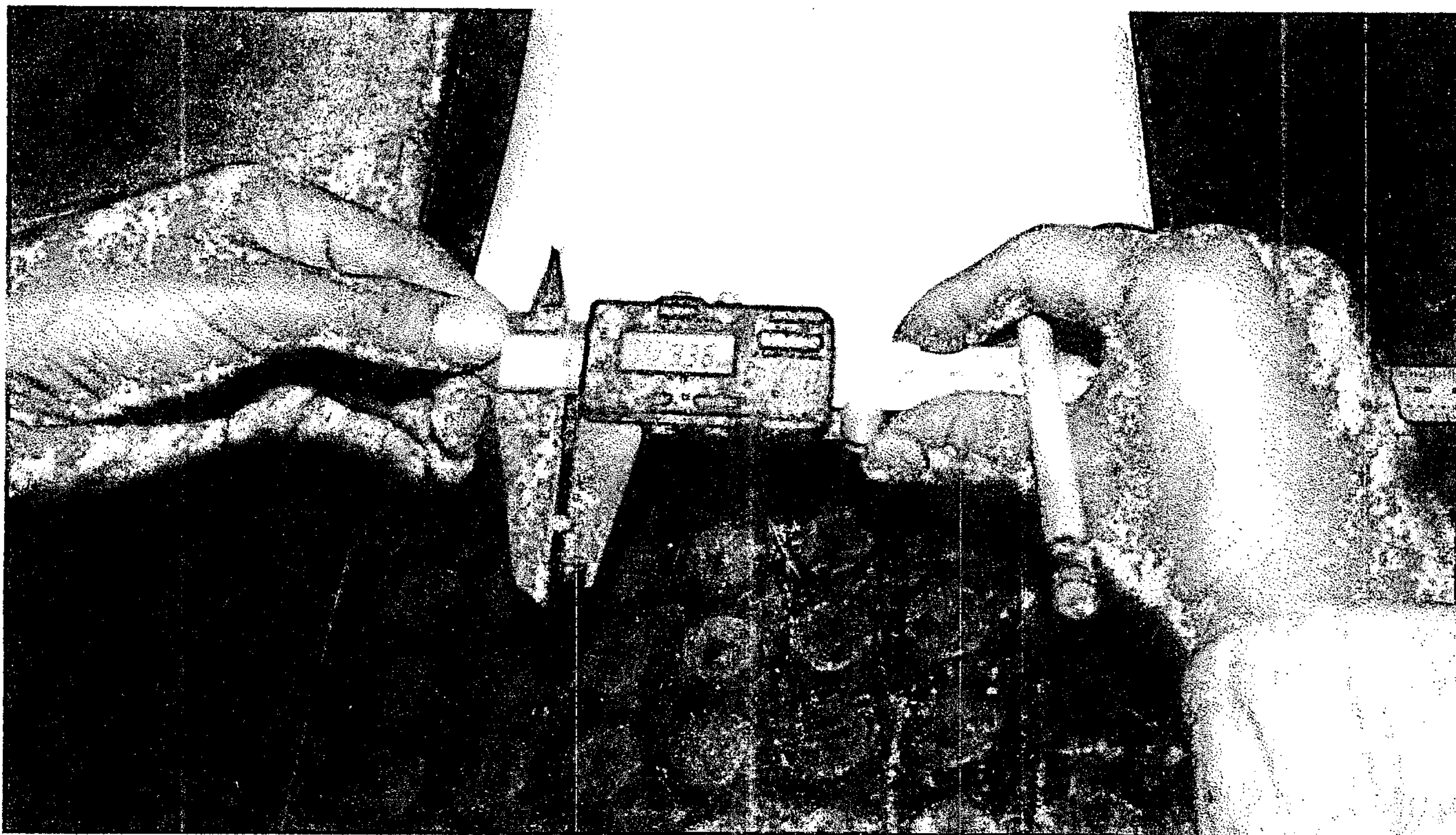
Especímenes de prueba después del ensayo



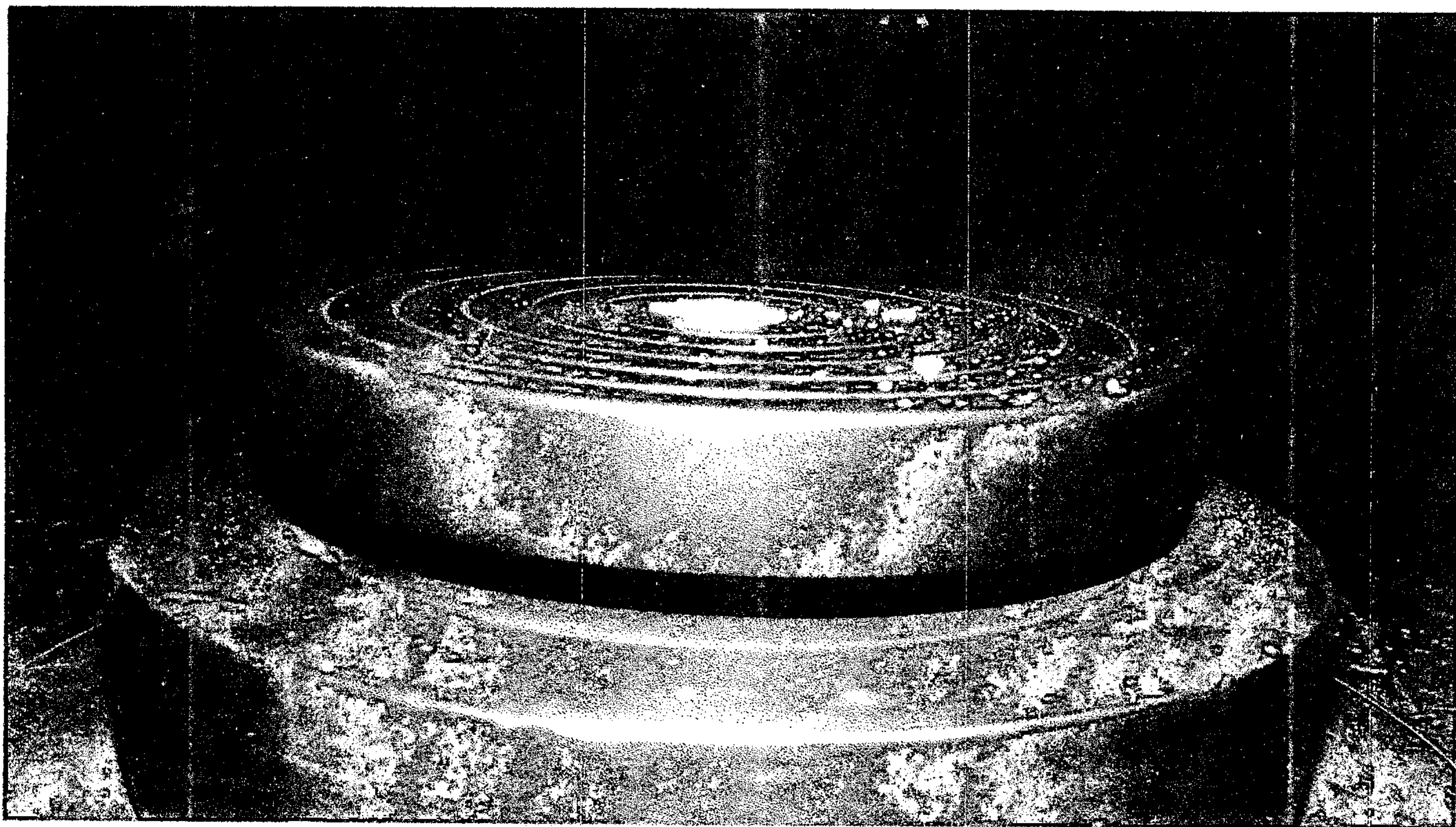
Durómetro Rockwell



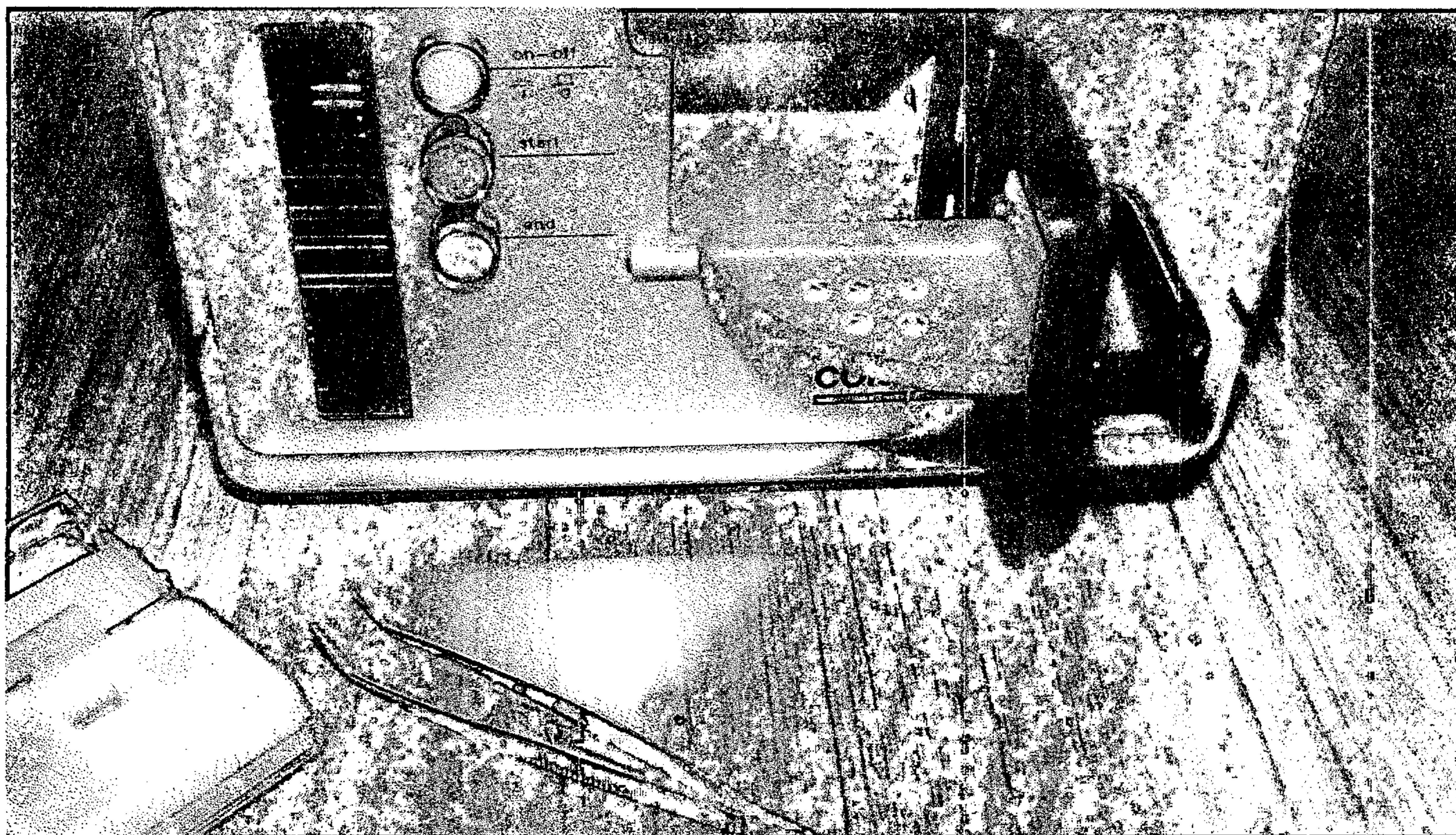
Prueba de Dureza Superficial Rockwell HR15 T



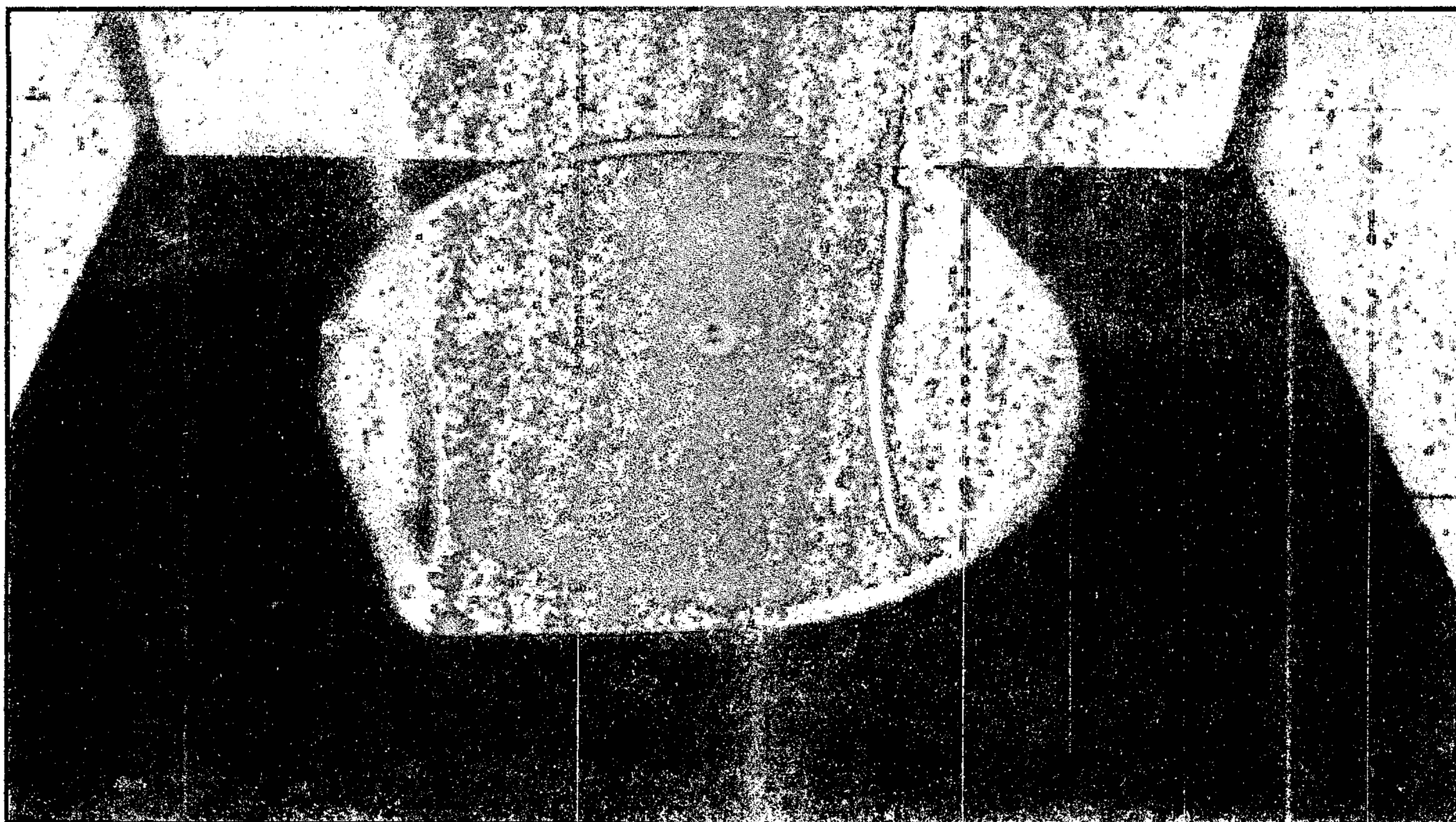
Medición de diámetro para prueba de Resistencia Compresiva



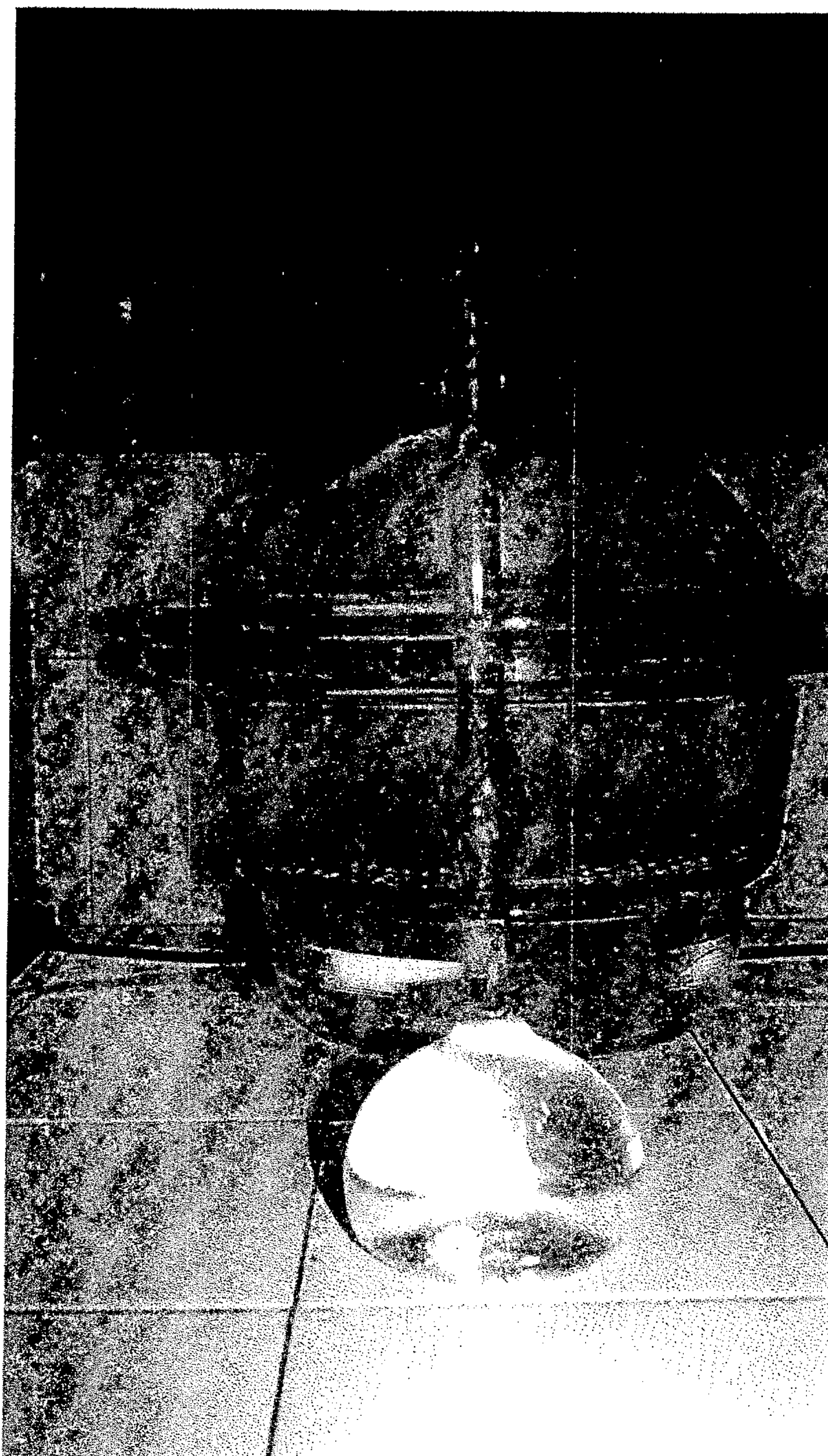
Estado de probeta luego de recibir fuerzas compresivas



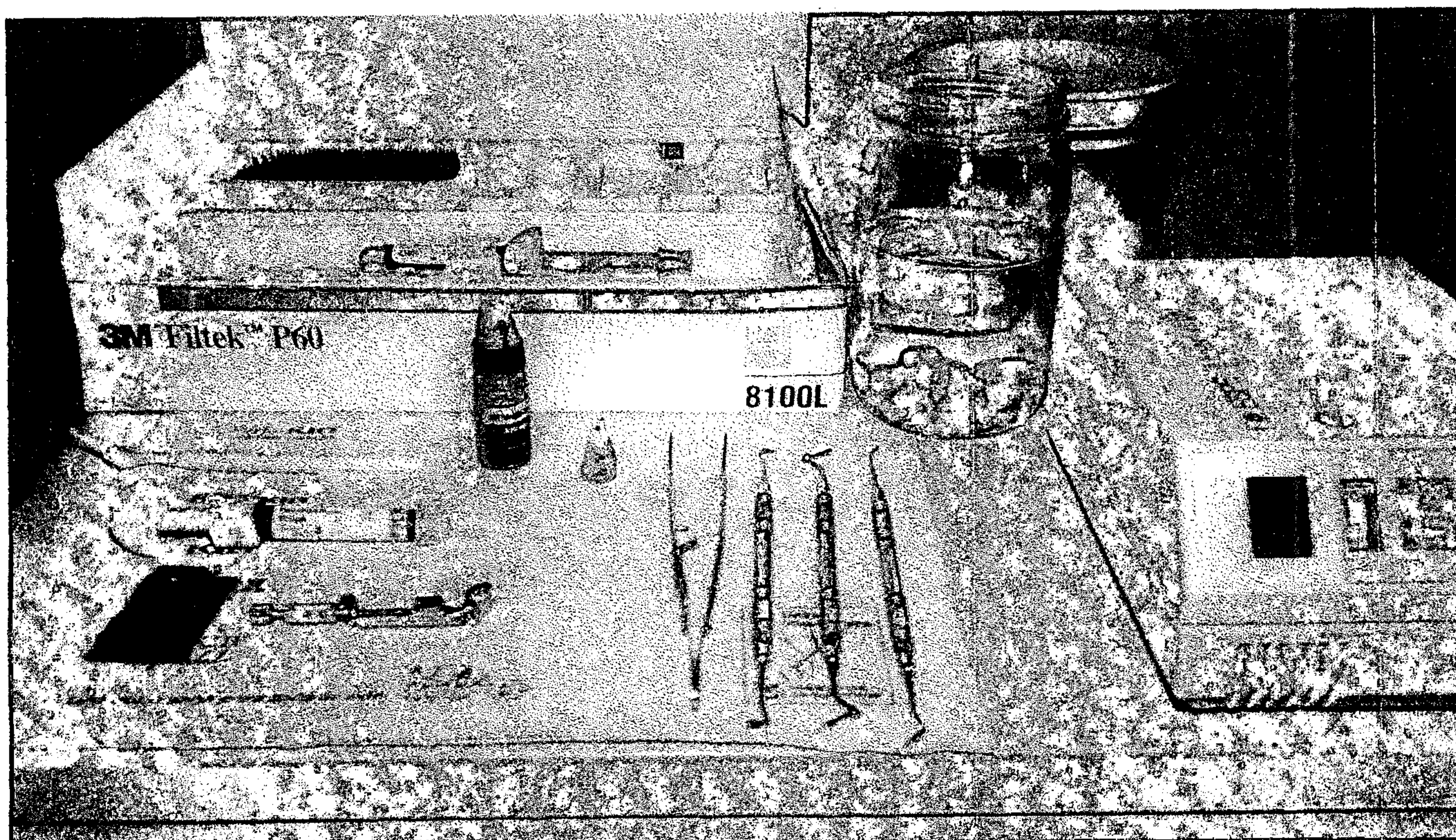
Horneado de probetas para pruebas de Dureza y Sorción Acuosa



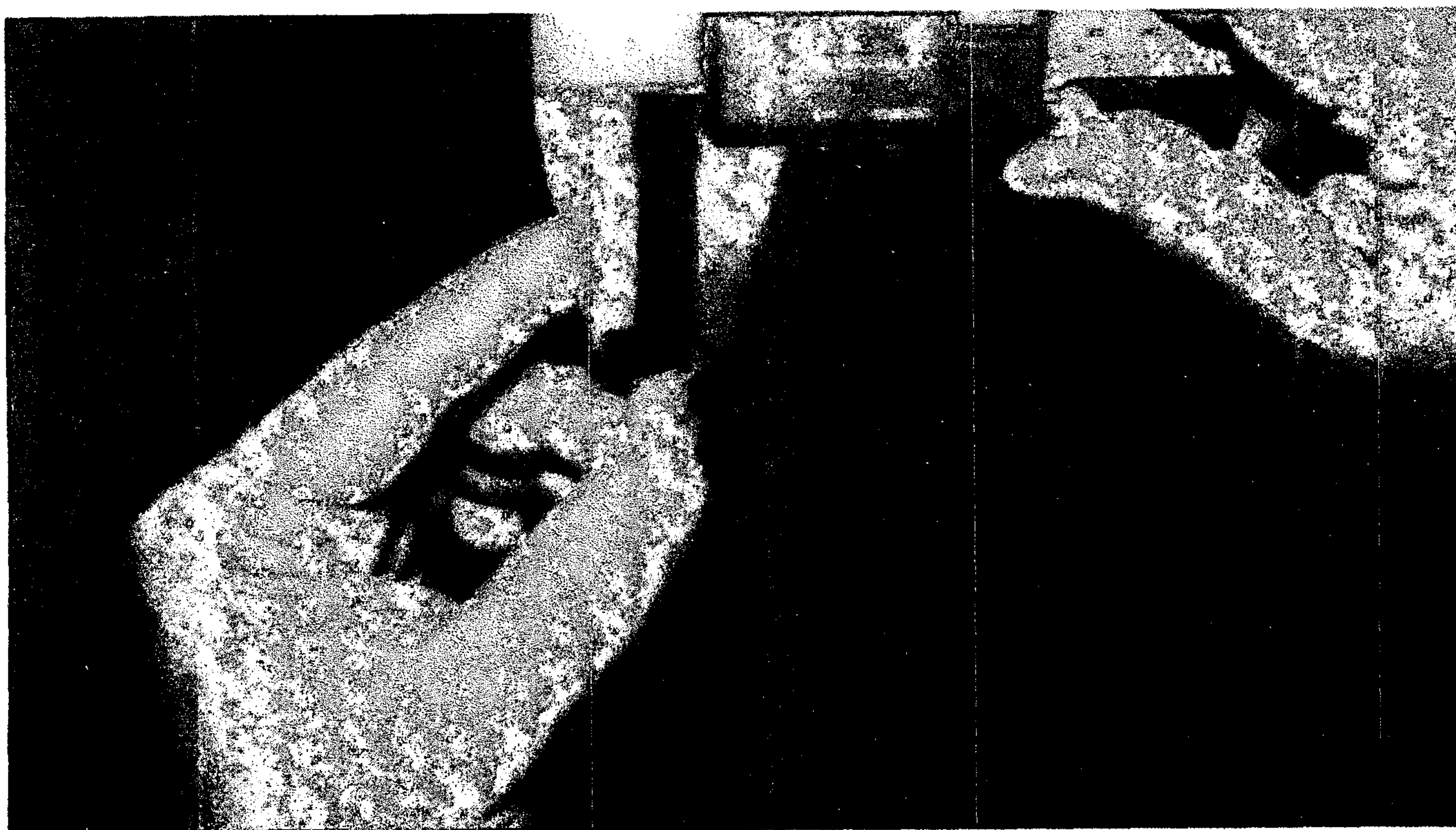
Pesado de probeta para prueba de Sorción Acuosa



Medición del volúmen de probetas en un Balón de Lechatelier



Preparación de especímenes para prueba de Contracción por Polimerización

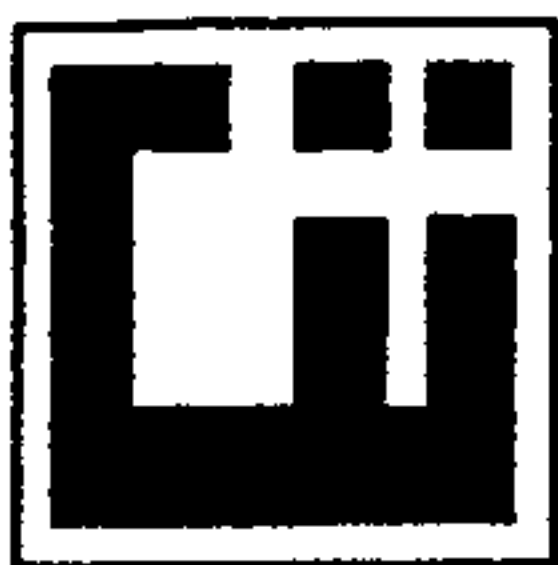


Medición de la distancia intercuspídea post contracción

Propiedades físicas de los sistemas de compositas evaluadas en este estudio			
PROPIEDAD	Filtek P-60™	SureFil™	Synergy Compact™
Porcentaje de relleno por volúmen	61%	66%	59%
Porcentaje de relleno por peso	sin datos	82%	74%
Tamaño promedio de partícula	0.6 micrones	0.8 micrones	0.6 micrones
Dureza superficial	83.3 Rockwell	81.3 Rockwell	74.8 Rockwell
Dureza Superficial (horneado)	87.5 Rockwell	88.7 Rockwell	81.9 Rockwell
Resistencia Compresiva	362.9Mpa	236.7Mpa	327.6Mpa
Resistencia Compresiva (horneado)	360.4Mpa	298.3Mpa	286.7Mpa
Contracción por polimerización	1.99%vol	1.21%vol	0.37%vol
Sorción acuosa	0.121mg/mm ³	0.099mg/mm ³	0.039mg/mm ³
Sorción acuosa (horneado)	0.114mg/mm ³	0.074mg/mm ³	0.079mg/mm ³
Adhesión a la dentina*	6.59 Mpa.	3.55 Mpa.	9.94 Mpa.
Densidad	sin datos	sin datos	0.5 vol/gr.

Propiedades físicas de los sistemas de compositas evaluadas en este estudio Número de propiedades en las que destacó cada material			
PROPIEDAD	Filtek P-60TM	SureFilTM	Synergy Compact
Adhesión a la dentina			1
Dureza superficial	1		
Dureza Superficial (horneado)		1	
Resistencia Compresiva	1		
Resistencia Compresiva (horneado)	1		
Sorción acuosa			1
Sorción acuosa (horneado)		1	
Contracción por polimerización			1
Total	3	2	3

Fuente: Cuadros de resultados del No. 1 al no.10



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 15733

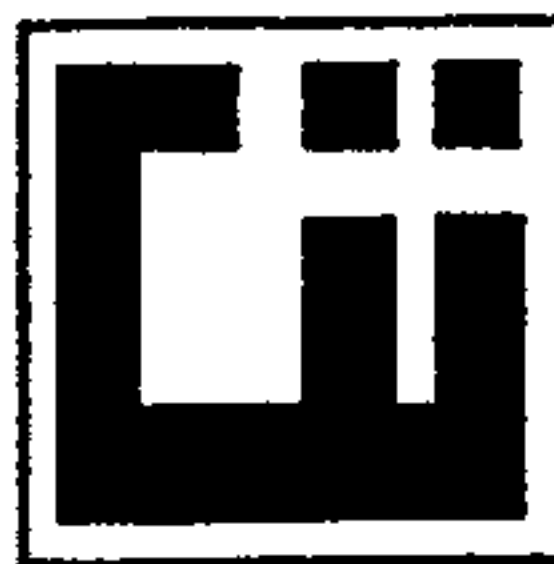
Ensayo a Compresión

Identificación	Area mm ²	Velocidad De Carga kg/minuto	ESFUERZO		
			kg/cm ²	Mpa	psi
A1	9.1327	235	4078.76	399.99	58012.95
A2	9.1863	202	3483.44	341.61	49545.61
A3	9.1863	209	3565.08	349.61	50706.84
A4	8.8668	197	3225.50	316.31	45876.99
A5	8.8668	225	4150.30	407.00	59030.53
A6	9.1327	198	3503.90	343.61	49836.63
A7	9.0792	199	3722.79	365.08	52950.04
A8	9.0792	201	4240.46	415.85	60312.92
A9	9.1327	200	3361.55	329.66	47812.02
A10	9.1327	216	3547.70	347.91	50459.59

Identificación	Area mm ²	Velocidad De Carga kg/minuto	ESFUERZO		
			kg/cm ²	Mpa	psi
B1	8.8141	154	1837.96	180.24	26141.64
B2	9.0792	173	3458.45	339.16	49190.27
B3	8.7616	149	1871.81	183.56	26623.08
B4	9.0792	147	1993.57	195.50	28354.90
B5	9.0792	155	2907.74	285.15	41357.43
B6	9.1327	170	3958.31	388.18	56299.82
B7	9.0259	158	2603.62	255.33	37031.89
B8	9.0792	143	2863.69	280.83	40730.80
B9	9.0259	144	3168.67	310.74	45068.60
B10	9.1327	143	2616.97	256.64	37221.73



.../..



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 15733

INFORME No. 1577-M

INTERESADO: ENRIQUE STUARDO RODRIGUEZ GARCIA

PROYECTO: TESIS "ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE ADHESION, DUREZA, RESISTENCIA COMPRESIVA, SORCION ACUOSA Y CONTRACCION POR POLIMERIZACION ENTRE VARIOS SISTEMAS DE COMPOSITAS FOTOCURABLES DE ALTA DENSIDAD PARA RESTAURACIONES EN DIENTES POSTERIORES"

ASUNTO: ENSAYO DE TENSION Y COMPRESION A RESINA FOTOCURADA PARA RESTAURACIONES DENTALES.

FECHA: GUATEMALA, 25 DE SEPTIEMBRE DE 2002.

El estudiante **ENRIQUE STUARDO RODRIGUEZ GARCIA**, con carné No. **9316853** de la carrera de Odontología, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Tensión y Compresión a 45 probetas de resina fotocurada para restauraciones dentales, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis "Estudio comparativo de las propiedades de adhesión, dureza, resistencia compresiva, sorción acuosa y contracción por polimerización entre varios sistemas de compositas fotocurables de alta densidad para restauraciones en dientes posteriores".

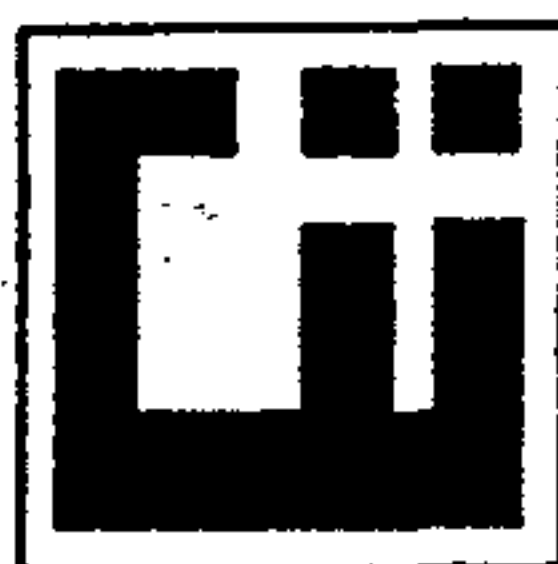
Resultados

Ensayo a Tensión

Identificación	Area mm ²	ESFUERZO		
		psi	Mpa	kg/cm ²
A1	27.25	991.6	6.84	69.72
A2	27.02	894.9	6.17	62.92
A3	27.02	1473.8	10.16	103.62
A4	27.85	919.2	6.34	64.63
A5	28.70	495.5	3.42	34.84
B1	29.51	216.9	1.50	15.25
B2	27.11	524.7	3.62	36.89
B3	29.08	709.2	4.89	49.86
B4	27.62	618.0	4.26	43.45
B5	28.23	503.8	3.47	35.42
C1	28.37	1704.5	11.75	119.84
C2	25.79	1930.2	13.31	135.71
C3	27.25	1148.2	7.92	80.73
C4	27.39	1557.9	10.74	109.53
C5	27.99	863.9	5.96	60.74

.../..





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 15733

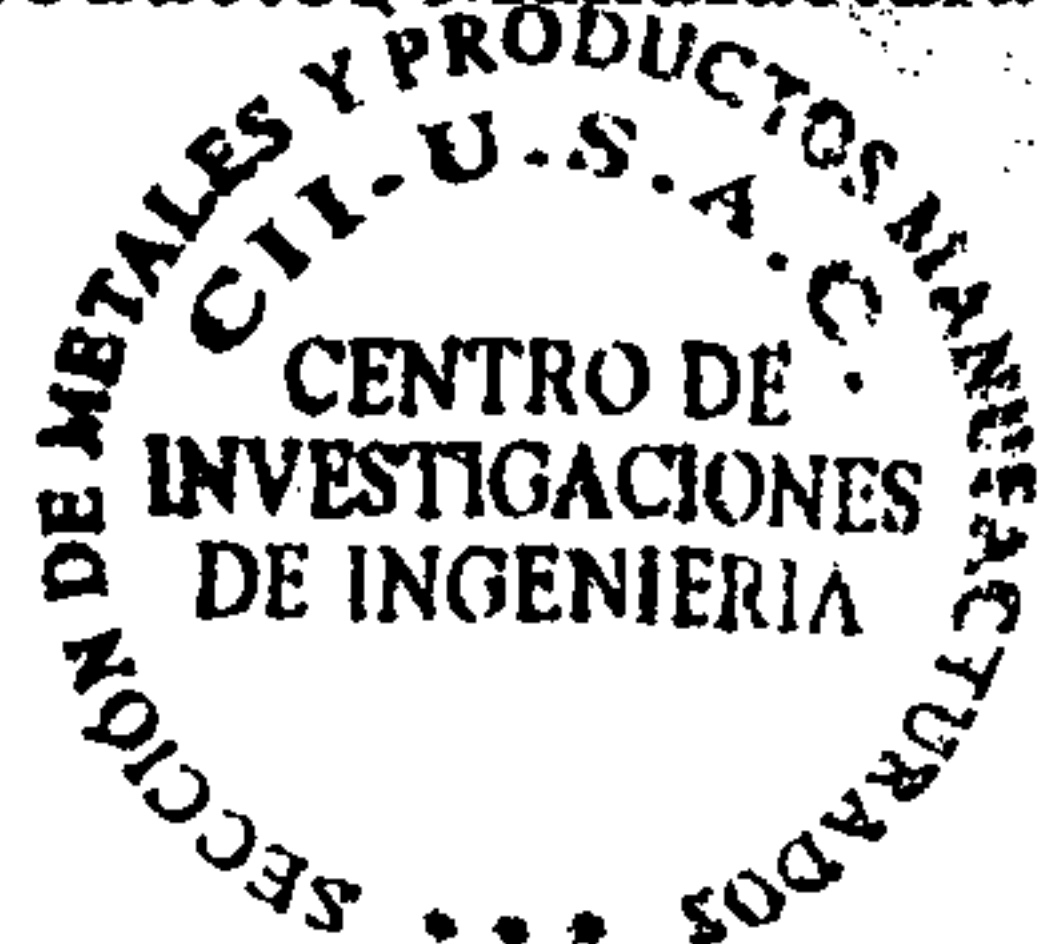
Ensayo a Compresión

Identificación	Area mm ²	Velocidad De Carga kg/minuto	ESFUERZO		
			kg/cm ²	Mpa	psi
C1	9.0792	164	4323.07	423.95	61487.84
C2	9.0792	147	2643.41	259.23	37597.66
C3	9.0792	153	2995.86	293.79	42610.68
C4	9.0792	149	3695.26	362.38	52558.40
C5	9.0259	156	3046.80	298.79	43335.19
C6	8.9727	158	3861.71	378.70	54925.91
C7	9.0259	144	1645.27	161.34	23401.00
C8	9.0792	159	2984.84	292.71	42454.03
C9	9.0259	158	3152.05	309.11	44832.23
C10	9.0792	162	2973.83	291.63	42297.37

Nota: Por ser los resultados datos de carga última, se recomienda utilizar el factor de seguridad que recomienda el fabricante.

Atentamente,

Ing. Pablo C. de León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados



Vo.Bo.

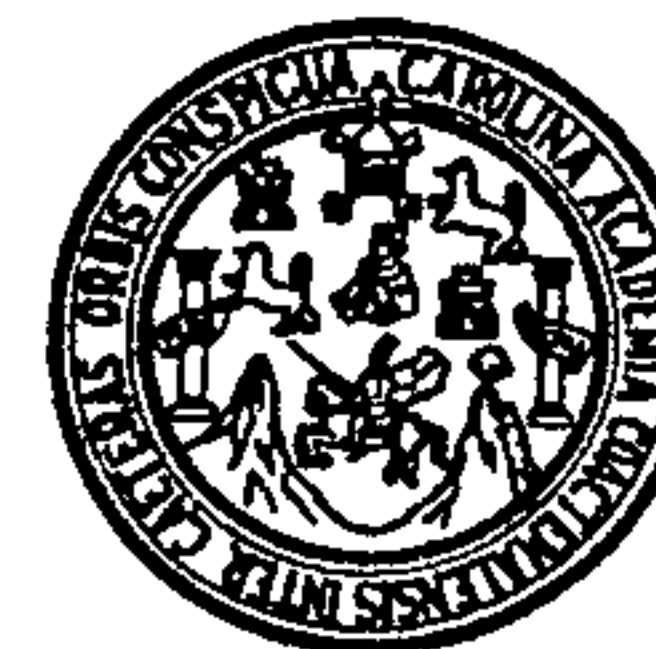
Ing. Francisco Javier Quiñónez
DIRECTOR C.I.I.



/cbr



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O. T. No. 15729
No. Informe de Lab. 071-02

INTERESADO : Enrique Rodríguez

MUESTRA : 30 piezas de resina dental

FECHA : 25 de septiembre del 2002

Evaluación del parámetro de sorción en resina para uso dental. A 25° C

Sorción de A (gr/ mm ³)	Sorción de B (gr/ mm ³)	Sorción C (gr/ mm ³)
0.145	0.166	0.036
0.075	0.106	0.003
0.0275	0.015	0.028
0.175	0.100	0.0433
0.183	0.110	0.087
0.112	0.0812	0.070
0.148	0.114	0.178
0.133	0.079	-0.026
-0.016	-0.006	0.032
0.195	0.100	0.141

Promedio de Sorción acuosa de A = 0.118 mg / mm³ ± 0.07

Promedio de Sorción acuosa de B = 0.086 mg / mm³ ± 0.05

Promedio de Sorción acuosa de C = 0.060 mg / mm³ ± 0.06

* A, B y C representa el tipo de formulación de la resina.

Ing. César Alfonso Garela Guerra

Jefe

Sección Química Industrial CII

Vo. Bo. Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz

DIRECTOR

Centro de Investigaciones de Ingeniería

ACCIAI E GHISE

		VICKERS		PER		ROCKWELL		ROCKWELL		ROCKWELL		SUPER		SUPER		SUPER	
		HV30		C		D		E		F		G		H		I	
		1710		1663		1556		1478		1400		1323		1245		1160	
		1076		1004		940		870		840		813		787		762	
		738		715		693		672		652		632		612		593	
		575		558		542		526		510		495		480		450	
		466		440		423		403		387		370		353		335	
		314		306		298		283		267		250		234		216	
		205		195		185		176		165		155		144		133	
		125		116		108		100		92		84		76		68	
		60		53		47		41		35		29		23		17	
		11		5		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0		0		0		0	
		0		0		0		0		0</							

N/mm² Kg/mm² HV30 HB30



AFFRI® Via M. Tagliaferro, 8 • 21056 INDUNO OLONA • VARESE - ITALIA
Tel. 0332 200546 / 201533 • Fax 0332 203621
E-Mail affri@telecom.it • www.affri.com

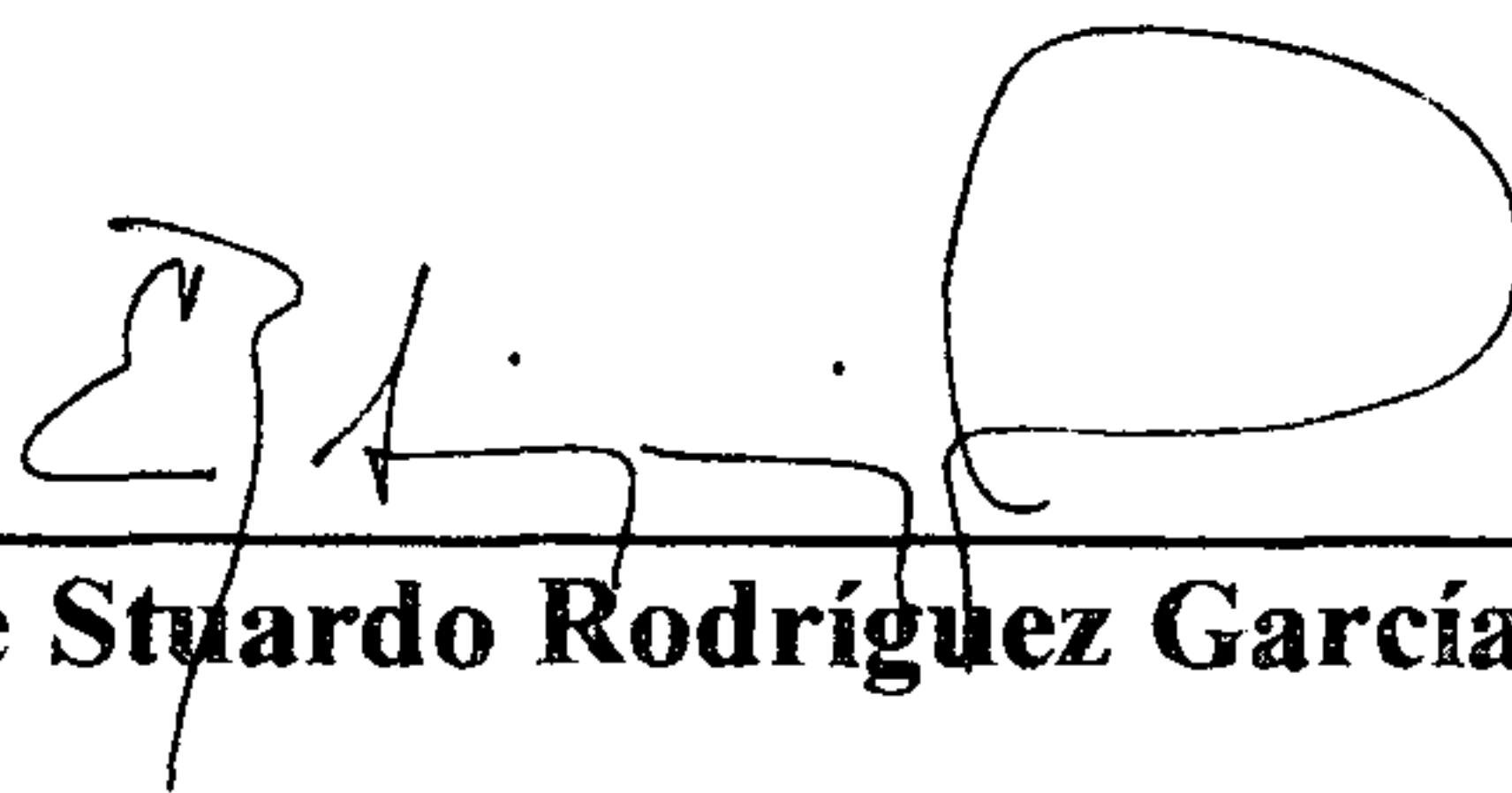
TABELLA DI CONVERSIONE DELLE DUREZZE DEI METALLI

SCALE METODO DI PROVA FORZA N

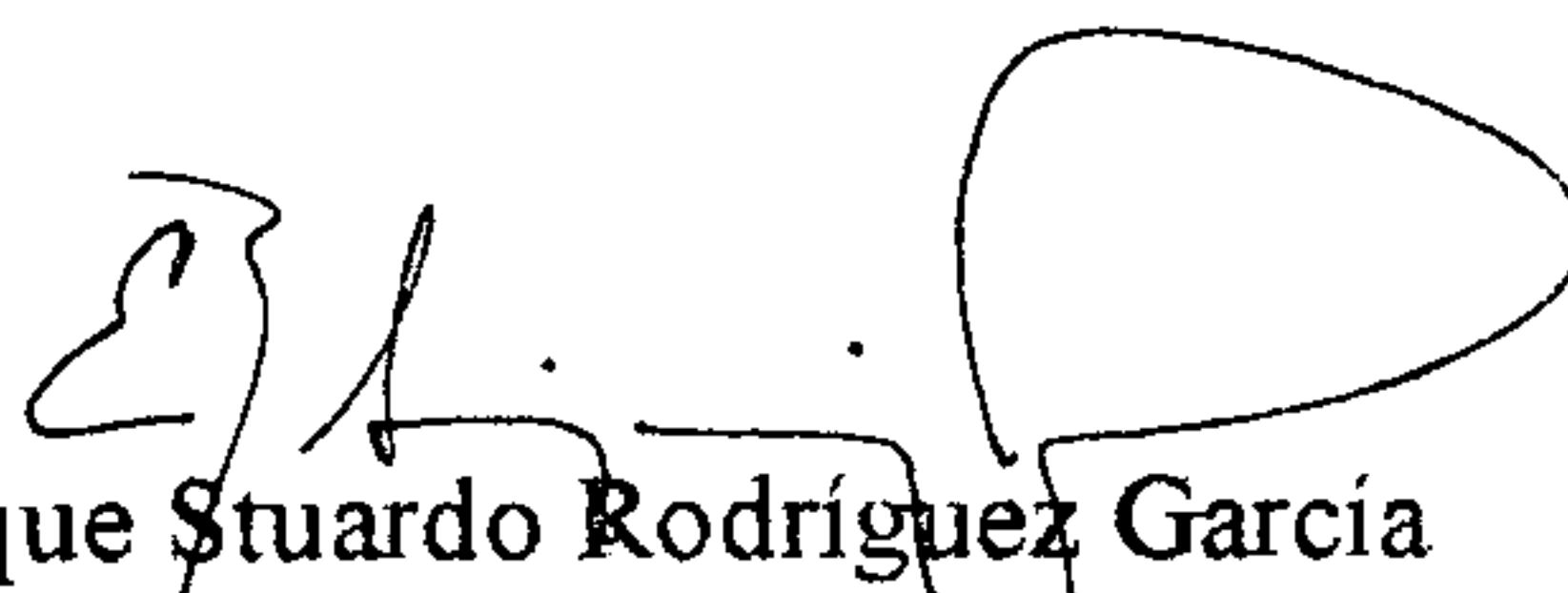
ROCKWELL penetratore		
HRC	▽ 120°	1471
HRA	▽ 120°	588
HRD	▽ 120°	981
HRB	Ø 1/16"	981
HRE	Ø 1/8"	981
HRF	Ø 1/16"	588
HRG	Ø 1/16"	1471
HRK	Ø 1/8"	1471

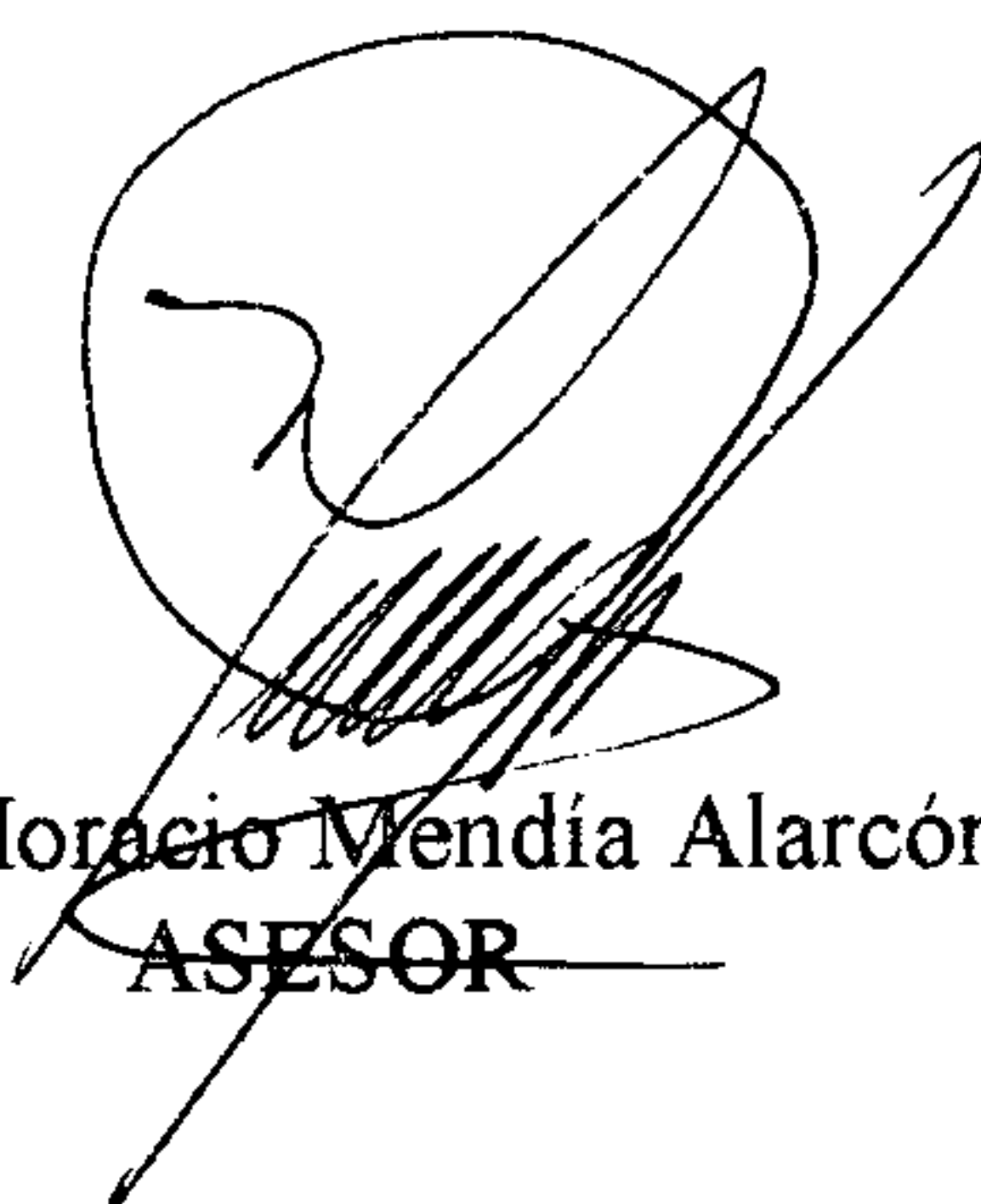
	Superficiali	
HR15N	▽ 120°	147
HR30N	▽ 120°	294
HR45N	▽ 120°	441
HR15T	Ø 1/16"	147
HR30T	Ø 1/16"	294
HR45T	Ø 1/16"	441

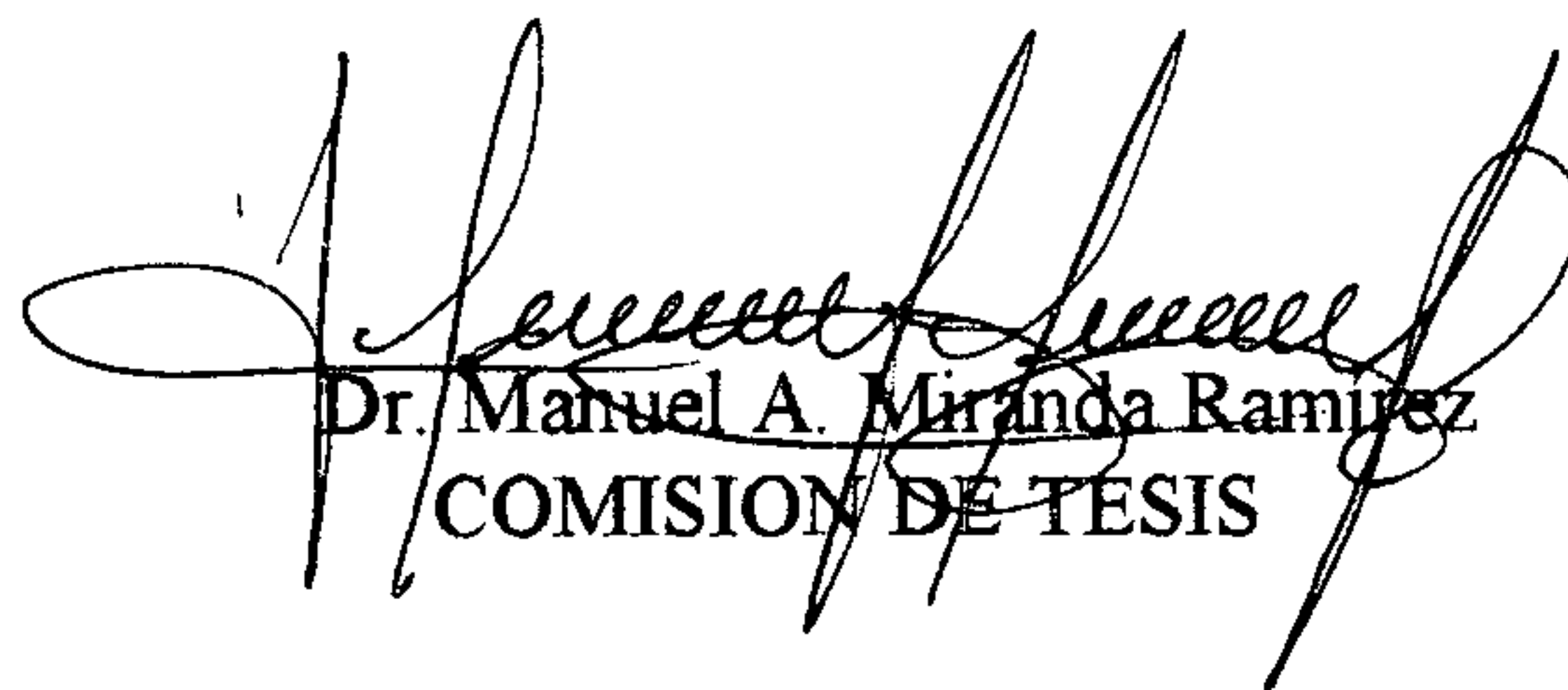
El contenido de esta Tesis es única y exclusiva responsabilidad del Autor

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'E', followed by 'S', 'R', and 'G' with a large loop at the end.

Enrique Stuardo Rodríguez García


Enrique Stuardo Rodríguez García
SUSTENTANTE


Dr. H. Horacio Mendiola Alarcón
ASESOR


Dr. Manuel A. Miranda Ramírez
COMISION DE TESIS




Dr. Estuardo A. Vaides Guzmán
COMISION DE TESIS

VO. BO.
IMPRIMASE


Dr. Otto Torres Bolaños
SECRETARIO

