



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## Propiedades de la Mezcla Aserrín de Encino-MMA Polimerizado con Rayos Gamma

10

T E S I S  
Que para obtener el título de:  
Q U I M I C O  
P r e s e n t a  
**María Guadalupe Albarrán Sánchez**  
México, D. F. 1974



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Tesis

1974

FECHA

PROC. Mct9

ESTA TESIS SE REALIZÓ EN EL  
CENTRO DE ESTUDIOS NUCLEARES  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL -  
AUTONOMA DE MEXICO CON BECA  
DEL MISMO CENTRO BAJO LA DI-  
RECCION DE LA M. EN C. S. --  
GUILLERMINA BURILLO A. Y ASE  
SORIA TECNICA DEL M. EN C. -  
VICTOR MANUEL LOYOLA VARGAS.

CONTENIDO.

INTRODUCCION.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.

CAPITULO II

GENERALIDADES.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION

La madera es uno de los materiales fibroso naturales de mayor importancia para la vida actual del hombre, por lo que éste siempre ha tratado de preservarla y de obtener las mejores ventajas de ella. La madera es de los pocos materiales renovables y de mucha utilidad para la industria del papel y otras por las resinas que contiene.

El encino es una de las especies de maderas angiospermas y pertenece a la familia de Genus Quercus, se estima por su dureza, fuerza y durabilidad, estas propiedades se ven afectadas en forma positiva por la impregnación de monómeros e irradiación, ya que mejoran sus propiedades físicas.

Los plásticos en la actualidad han venido a desplazar a los materiales clásicos (caucho, hule, etc.) - indispensables en el habitab. Los polímeros de metil metacrilato que son verdaderos vidrios orgánicos adquieren mejores propiedades si se ha inducido la polimerización por medio de irradiación.

La polimerización por irradiación adquiere gran interés, ya que actualmente es de aplicación en el campo industrial para síntesis de polímeros con alto peso molecular, esto se debe al caracter ionizante de la radiación y se utiliza como catalizador para la formación de --

las cadenas poliméricas.

Este trabajo tiene como objetivo producir un nuevo material para la construcción, mezclando aserrín de encino, que es desecho de la fabricación de papel, y metil metacrilato, induciendo la polimerización con rayos  $\gamma$  a diferentes dosis de radiación y encontrar la proporción de estos parámetros, para formar el material con mejores propiedades físicas que la madera o el polímero por si solos elevando las bajas cualidades del aserrín.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES EN EL CAMPO DE LAS COMBINACIONES PLASTICO - MADERA (CPM)

Desde los primeros trabajos (1) sobre polimerización, los químicos han estudiado la modificación de fibras sintéticas y naturales, debido a la introducción de monómeros y su polimerización dentro de su estructura.

El proceso se lleva a cabo por medio de la impregnación de madera con monómeros y polimerizados mediante la irradiación, para preservar la madera y obtenerla con mejores propiedades mecánicas.

El proceso de manufactura (2) de la combinación plástico - madera, involucra tres pasos.

- 1) Pre-tratamiento de la madera.
- 2) Impregnación de la madera.
- 3) Irradiación de la madera para inducir la polimerización.

Esta investigación abarca un período de 15 años de estudio en diferentes países. En Estados Unidos de Norteamérica (3) el Dr. J. Kent en la Universidad de Virginia desarrolló un proyecto para la producción de CPM al determinar los cambios que había en las propiedades físicas de diferentes especies de madera impregnadas con diferentes -



monómeros y polimerizados con rayos  $\gamma$  , además encontró que las maderas se comportaban de diferente forma en lo que se refiere a la penetración del monómero; buscó la dosis e intensidad de dosis más adecuadas para la polimerización.

#### PROPIEDADES MECANICAS

##### DE LAS COMBINACIONES PLASTICO - MADERAS (2)

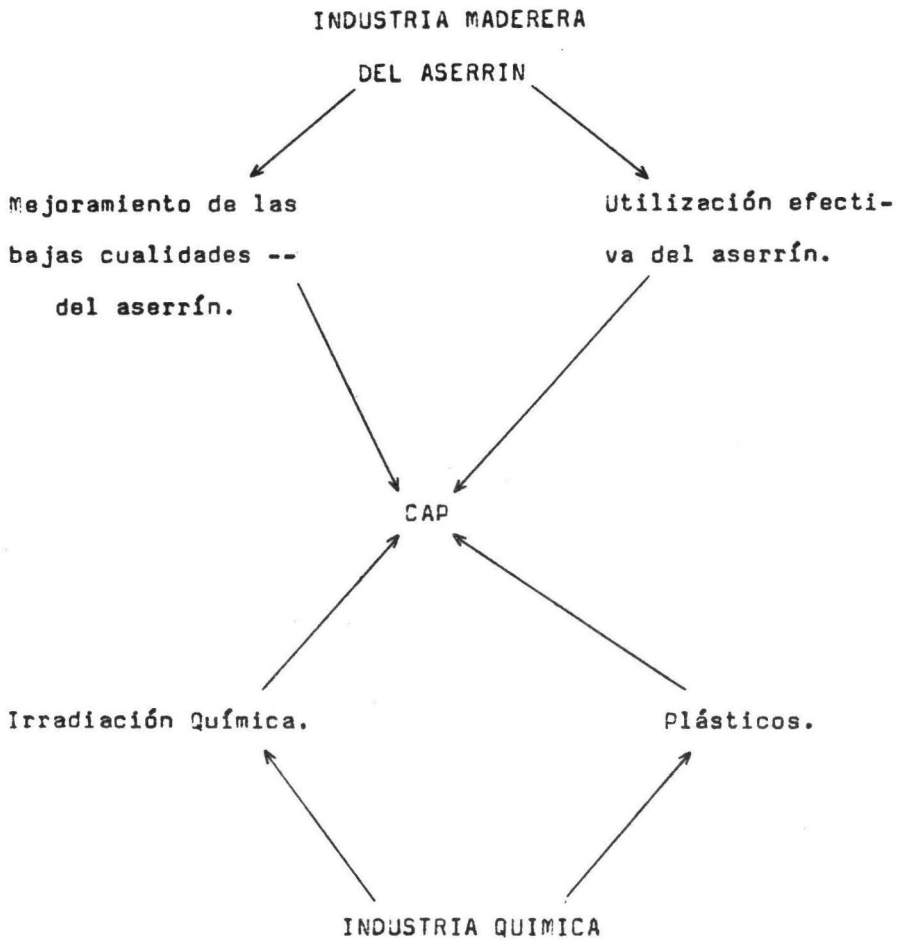
Dureza.- De la incorporación de polímero dentro de la madera, resulta un sustancial incremento en la dureza.

Cambio dimensional.- La absorción de agua de la CPM es lenta comparada con la madera sin tratar, por lo que el cambio dimensional es mínimo.

Flexión estática.- El módulo de elasticidad y el esfuerzo máximo al momento de la ruptura se ven incrementados en la CPM.

##### COMBINACION ASERRIN - PLASTICO (CAP)

La CAP(4) es un nuevo material compuesto - por aserrín fino de madera y plástico, basado en la técnica desarrollada de (CPM) y se caracteriza por su rigidez, dureza, estabilidad dimensional y otras propiedades mecánicas - que son comparadas con las de la madera, además se puede --moldear dependiendo de las técnicas que se llevan a cabo.



El nuevo material es considerado como una madera artificial, que tiene todas las características de la madera natural.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

#### INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA

Absorción de rayos  $\gamma$  por la materia.--

Si radiación electromagnética incide con la materia, su intensidad decrece, ya que las moléculas absorben o dispersan su energía. El proceso total de absorción y dispersión de rayos  $\gamma$  es la suma de 3 efectos principales.

Absorción fotoeléctrica (5) .- Este efecto se produce con rayos  $\gamma$  de poca energía: En este proceso toda la energía del fotón ( $E_0$ ) es transferida a un solo electrón atómico, este electrón sale del átomo con una energía igual a la diferencia entre la energía del fotón ( $E_e$ ) y la energía de unión ( $E_u$ ) de el electrón con el átomo.

$$E_0 - E_u = E_e$$

Por lo que la absorción fotoeléctrica no es posible en electrones libres, porque de otra manera no es posible la conservación de la cantidad de movimiento. La probabilidad de este efecto aumenta al aumentar la longitud de onda ( $\lambda$ ) de los rayos y con el número atómico ( $Z$ ) del medio irradiado y es aproximadamente igual a  $(\lambda^3 Z^3)$

Efecto Compton (6).- El efecto Compton-

se lleva a cabo cuando un fotón interacciona con un electrón, el primero se defleta saliendo con un ángulo  $\theta$  y una energía menor, mientras que el electrón es expulsado del átomo.

Klein y Nishina, vieron que el espectro del efecto Compton es continuo y calcularon la energía y el cambio de longitud de onda del fotón, que son respectivamente:

$$E = h \nu \left( \frac{\lambda}{\lambda + d\lambda} \right) \quad d\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

$h$  = constante de Planck

$\nu$  = frecuencia del fotón

$\lambda$  = longitud de onda del fotón

$m_0$  = masa en reposo del electrón

$c$  = velocidad de la luz en el vacío.

Producción de pares(5).- Este efecto se cumple con radiación electromagnética conteniendo una energía mínima de 1.02 MeV, ( $2 m_0 c^2$ ). En este proceso se involucra la absorción completa del fotón en la vecindad de un núcleo atómico para convertirse en un positrón y un negatrón con una energía cinética igual a:

$$h \nu = 2 m_0 c^2 + (E_p + E_n)$$

El coeficiente de absorción para producción de pares es proporcional a  $Z^2$  y aumenta al aumentar la energía del fotón.

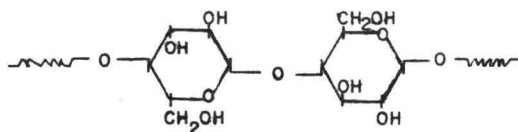
## ESTRUCTURA Y COMPOSICION DE LA MADERA

La madera es un material predominante lignocelulósico, sus propiedades físicas y usos son dependientes de su estructura microscópica y su porosidad, se clasifica en maderas de coníferas y de angiospermas.(7)

La estructura (8) de las maderas angiospermas es compleja y poco regular, en ella existen grandes células tubulares con un diámetro de 15-60  $\mu$  y de longitud de 2-7 mm, el lumen es el pasadizo interior el cual corre longitudinalmente a través de la fibra y puede aumentar en una célula hasta un cuarto o medio volumen de ésta.

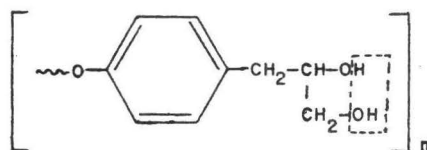
El encino está clasificado como una madera angiosperma conteniendo en sus células un 75 - 82 % de holocelulosa, 18 - 25% de lignina y de 1 - 10% de extractivos. La holocelulosa de las maderas angiospermas contiene considerablemente más polisacaridos, así como la lignina es más reactiva químicamente que en el caso de maderas de coníferas.

La holocelulosa (7) está compuesta de celulosa y hemicelulosa. La celulosa es una macromolécula lineal de unidades de anhidroglucosa ligadas en posición 1.4 glucosídicas.



La hemicelulosa se caracteriza por tener grupos hexosas tales como D-manosa, D-galactosa, D-glucosa y pentosanos como D-Xilosa, L-arabinosa y ácidos urónicos, tales como el anhidroglucurónico y el anhidrogalacturónico.

Lignina (9) es después de la celulosa el principal componente de la madera, ya que es el material de incrustación, es un polímero aromático formado por monómeros derivados de fenil propano, en el anillo encontramos grupos hidroxilos. Freudenberg supone que la unidad respectiva de la macromolécula lignina es:



También la madera contiene otros --- compuestos extraños (7), los cuales no forman parte esencial de la célula. Estos compuestos los podemos clasificar en dos grupos, los que son solubles en solventes -- orgánicos neutros como resinas, grasas, ceras, alcohó-- les, fenoles y el otro grupo de compuestos insolubles - en solventes orgánicos neutros formado por compuestos - minerales y materia proteínica.

## EFFECTOS DE LA RADIACION CON LA MADERA

Muchos trabajos (10,11) sobre irradiación de madera implican radiólisis de la celulosa de ella, - ya que es su esqueleto. La celulosa es un polímero formado por 6,500 a 9,000 unidades de glucosa y es insoluble en agua; la radiólisis de la madera induce profundos cambios en la celulosa causando su despolimerización a una dosis de  $10^8$  rads. A dosis mayores se produce una reducción en la cristalización del polímero celulósico y los monosacáridos se descomponen para dar aldehído HCHO y otros compuestos. A una dosis de  $5 \times 10^8$  rads la celulosa llega a ser soluble en agua y a  $10^5$  rads, - hay cambios que pueden ser detectables.

Se observó que la lignina que es un material complejo no sufre cambios después de ser irradiada a una dosis de  $3 \times 10^8$  rads.

## POLIMERIZACION INDUCIDA POR RADIACION

La polimerización iniciada por radiación (6,12) se ha aplicado a síntesis de polímeros con alto peso molecular. La polimerización del monómero implica 3 etapas, la primera etapa de iniciación de las cadenas, segunda etapa de propagación de las cadenas y tercer y última etapa de terminación de las cadenas poliméricas.

La radiación interviene primordialmente en la iniciación del polímero. Las cadenas de metilmetacrilato se forman por medio de radicales libres, estos radicales se forman con la adición de energía, la cual es sustituida por la energía de la radiación.

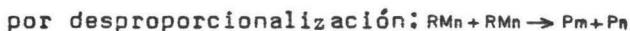
La etapa de propagación, o sea donde los radicales libres se adicionan y forman las cadenas en crecimiento, no dependen de la temperatura, sin embargo depende grandemente de la intensidad de radiación y de la dosis, ya que la polimerización es proporcional a la raíz cuadrada de la dosis absorbida y la tercera etapa o etapa de terminación es cuando ya no hay actividad de la cadena creciente y finaliza la polimerización por combinación o por desproporcionalización. Una ilustración es:



Etapa de terminación



Etapa de terminación



Entre las ventajas que se obtienen de la polimerización inducida por radiación se tienen:

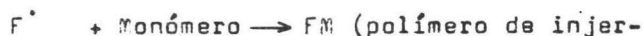
La polimerización se lleva a cabo a --



temperatura y presión deseadas, de tal forma que estos - parámetros se pueden controlar fácilmente, y ausencia de catalizadores químicos extraños al sistema.

#### POLIMERIZACION POR INJERTO

La reacción de polimerización de injerto en general, lleva consigo dos componentes, el material fibroso F, el monómero M y se inicia por radicales libres, hay algunas injertaciones causadas por reacciones de transferencia de cadenas del tipo:



to), donde  $P^{\cdot}$  es la cadena del polímero en crecimiento

$R^{\cdot}$  radicales primarios,  $F^{\cdot}$  macroradical fibroso.

Para un sistema madera y monómero líquido (MMA) los pasos básicos de la polimerización de injerto son:

- 1).- Generación de radicales. Es proporcional al rendimiento radioquímico para la formación de radicales y a la concentración.
- 2).- Propagación de la cadena que es proporcional a  $K_p (M)(M^{\cdot})$  y a su concentración.

3).- Terminación de la cadena que es -  
proporcional a  $K_t (M)^2$  y a su con  
centración.

$K_p$  y  $K_t$  son constantes de velocidad de  
propagación y terminación de la cadena respectivamente.

El paso 1, es esencialmente el mismo -  
tanto en materiales fibrosos como en los líquidos. El pa  
so 2, se controla por la velocidad de difusión del monó-  
mero en los radicales producidos en 1. El último paso es  
lento debido a la velocidad de difusión de las cadenas -  
dentro de la matriz fibrosa.

Además un alto contenido de  $H_2O$  trae -  
como consecuencia una distribución heterogénea de mate-  
rial plástico y propiedades mecánicas desiguales en los  
productos finales.

#### EFFECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS POLIMEROS

Existe una secuencia compleja de dife  
rentes eventos en la irradiación de polímeros, los even-  
tos iniciales son ionización y/o excitación y los even-  
tos finales son degradación o cruzamiento de las cadenas  
poliméricas y el grado de estos efectos son directamente  
proporcionales a la dosis y a la intensidad de dosis. Mi-  
ller (6) observó que cuando la estructura de un polímero  
es tal que cada átomo de carbono de la cadena principal

lleva al menos un átomo de hidrógeno, hay cruzamiento y si el carbono está tetrasustituido hay degradación.

La forma general de creaciones de cruzamiento se ilustra por:



donde (°) significa una excitación o ionización de la molécula y R' un grupo alquilo y su mecanismo ha sido estudiado con detalle para polietileno.

Se ha postulado un mecanismo para la degradación del polimetil metacrilato aunque no es muy satisfactorio. La forma general de degradación es:



Además al irradiar un polímero que generalmente se degrada, se encuentra que sus propiedades mecánicas cambian:

Disminuyen (10) la fuerza de tensión, el módulo de Young y la dureza y se incrementa la elongación y la solubilidad y hay formación de gas.

Para polímeros en los cuales hay cruzamiento por medio de la radiación se incrementa el módulo de Young, la fuerza de tensión y la fuerza de tensión decrece la solubilidad y hay formación de gas.

Al tiempo de irradiar (10, 12) el polímero hay desprendimiento de gas de bajo peso molecular como CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y algunos otros, este gas queda atrapado

en las cadenas del polímero e induce pérdida de resistencia al impacto. La producción de gas aumenta al aumentar la temperatura.

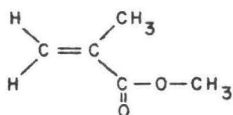
Algunos polímeros sufren cambios de color al ser irradiados, este fenómeno se produce a menos de  $1 \times 10^6$  rads (Henley propuso usar esta propiedad como método de dosimetría). El cambio de color involucra la captura de radicales o iones y/o la formación de dobles ligaduras conjugadas. Como ejemplo el P M M A en el que desaparece rápidamente el color, se cree que se deba a la formación de dobles ligaduras conjugadas, y en una barra de este polímero el color desaparece de afuera hacia adentro, este fenómeno se asocia con la difusión de oxígeno en el polímero, el cual puede reaccionar con grupos cromóforos, el color también desaparece al calentarse la muestra.

## CAPITULO III.

### MATERIALES Y METODOS

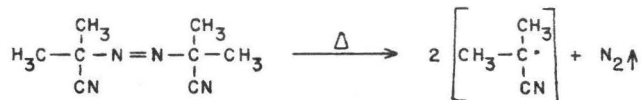
**Aserrín de encino.**- Provino de los desechos de la fábrica de papel Loreto y Pena Pobre. El aserrín se seleccionó pasándolo por un tamiz de 4 mm de tal forma que no excediera de un ancho de 0.5 cm y de un largo de 1.5 cm. El contenido de humedad en el aserrín empleado fue de 7% .

**Monómero metil metacrilato.**- Es un líquido incoloro con color característico, conteniendo como inhibidor topanol



**Espumante.**- El espumante V A Z O - 64 -- fue de la Compañía E.I. DUPONT of Nemour Co. (Inc).

V A Z O - 64 es un catalizador para polimerización de compuestos vinílicos y cuyo nombre químico es Visazo isobutilo nitrilo y corresponde a la fórmula química condensada ( C<sub>8</sub> H<sub>12</sub> N<sub>4</sub> ) y por calentamiento desprende gas nitrógeno, que va a ocasionar la porosidad -- del plástico mediante la siguiente reacción:



**Fuente de radiación(13).**- Se usó una fuen-

te de  $^{60}\text{Co}$ . con una actividad durante el período de trabajo de 43,000 a 35,000 curios.

La fuente de radiación es del tipo Gamma-beam 650-IR 31 manufacturada por Atomic Energy of Canada Limited.

La fuente se encuentra aislada en un cuarto protegido por paredes gruesas de concreto y puertas de plomo. Se maneja por medio de una consola exterior ya que el Gammabeam provee de una razón de dosis alta con cavidad de irradiación panorámica. La fuente está compuesta por cápsulas donde se encuentra el  $^{60}\text{Co}$  en forma de esferas (60 en total) de un milímetro de diámetro que suben al exterior por medio de operación neumática controlada por la consola exterior. Las barras donde se encuentran las cápsulas en posición de irradiar se pueden ajustar dependiendo del diámetro que se desee, hasta un máximo de 82.55 cm.

Para operar el Gammabeam es necesario tener la máxima seguridad, por lo que se requiere encender el interruptor en el aparato interior cerrar las puertas de plomo en un tiempo máximo de un minuto y con la misma llave con que se operó dentro, encender el interruptor en la consola y poner a funcionar el neumático para que suba el elemento radiactivo.

Determinación de la dosis(5).- Se sabe que cualquier sustancia expuesta a la radiación trae co-

mo consecuencia, cambios químicos o físicos que alteran su constitución, para esto hay que determinar la dosis - que absorbió el sistema.

Existen varias formas de medir la dosis de radiación ionizante, los cuales son los métodos primarios o absolutos que utilizan cámaras de ionización o -- calorímetros y los métodos secundarios o relativos que - emplean sistemas químicos, basados en la medición cuantitativa del cambio producido por la energía absorbida en el sistema, por lo que se requiere del valor G (número - de moléculas descompuestas o formadas por cada 100 eV de energía absorbida de radiación).

Se seleccionó el dosímetro químico de - Fricke, por que la dosimetría por medio de soluciones -- químicas en especial el dosímetro de Fricke nos propor-- ciona varias ventajas como:

Es proporcional a la dosis en el rango de 4 a 40 Krads, independiente de la intensidad de dosis de la energía de la radiación y de la temperatura, reproducible en un intervalo de  $\pm 2\%$  a  $\pm 5\%$  de aceptabilidad, simple de usarse y estable en condiciones normales.

El dosímetro de Fricke está basado en - la oxidación de una solución ácida de sulfato ferroso -- que pasa a la sal férrica en presencia de oxígeno y ex-- puesta a la radiación.

La solución de Fricke se preparó con:

0.00 I M	Fe (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	(R.A. Monterrey)
0.00 I M	NaCl	(R.A. Monterrey)
0.8 N	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(Q.P. Monterrey)

Pre-irradiación del aserrín.- El aserrín se preirradió a una dosis de 0.25 Mrads y una intensidad de dosis de 130 rads/seg.

El objeto de la preirradiación(14) fue degradar o destruir los extractivos de la madera (aceites esenciales, compuestos resinosos, taninos, alcoholes fenoles, etc.) los cuales retardan o inhiben la polimerización del M M A ya que actúan como captadores de radicales libres.

Purificación del monómero.- El monómero se purificó por medio de destilación a una temperatura de 23°C y a una presión de 20 mm de Hg, se requieren de estas condiciones para que el monómero no polimerice.

#### MEZCLA Y PROPORCIONES DE LOS COMPONENTES

Probetas.- Se prepararon dos tipos de probetas, un tipo para la determinación de dureza Janka, absorción de humedad, variación volumétrica y gravedad específica en formas de cilindros y el otro tipo de probeta, forma de barras para la determinación de la flexión estática.



Probetas para las pruebas de dureza - Janka, absorción de humedad, gravedad específica, variación volumétrica.- Las probetas se prepararon en frascos de vidrio de 16 cm de altura por 6.5 cm de diámetro, colocando diferentes relaciones de monómero-sustrato, que fueron de 200 ml de metil metacrilato y 70, 80, 90, 100g de aserrín de encino y 1.25 g de espumante VAZO. Las pruebas se sometieron a irradiación a las dosis de 0.3, 0.6, 0.9 y 1.2 Mrads a una intensidad de dosis de 65 rads/seg, obteniéndose las probetas totalmente polimerizadas a las dosis de 0.6, 0.9 y 1.2 Mrads, en las probetas irradiadas a 0.3 Mrads, fue necesario terminar la polimerización en una estufa a 85°C.

Para obtener las probetas se rompieron los frascos y se maquinaron por medio de un torno, obteniéndose cilindros de 10 cm de altura por 6 cm de diámetro.

Probetas para flexión estática.- Las probetas para flexión estática se prepararon en moldes de cartón encerado con las 4 diferentes relaciones de aserrín - MMA. 7/20, 8/20, 9/20 y 10/20, más un 0.65% de espumante ( VAZO ) con respecto al monómero.

Las muestras se irradiaron a la intensidad de dosis de 65 rads/seg y a las dosis de 0.3, 0.6, 0.9 y 1.2 Mrads.

Las muestras se cortaron en forma de barras de 1.3 cm de altura por 1.3 cm de ancho y 21 cm de largo.

Durante el proceso de polimerización de injerto del MMA, éste fue absorbido parcialmente por el aserrín de encino, el cual quedó unido química y físicamente, puesto que el MMA polimerizó dentro y fuera -- del aserrín.

## PRUEBAS MECANICAS

Las pruebas mecánicas se hicieron - por quintuplicado para cada relación monómero sustrato y para cada dosis de irradiación.

Dureza Janka.- La dureza Janka se - determinó en una máquina Universal "Belwin" con una capa - cidad de 200 toneladas, con una bola de 1.13 cm de diáme - tro y una velocidad de 6 mm/min, los resultados están -- dados en la tabla I.

Gravedad específica.- Las probetas después de ensayadas en dureza Janka se pesaron en una - balanza de platillos (peso anhidro), se determinó su vo - lúmen por medio del método de desplazamiento de agua --- (Volúmen anhidro) tabla II.

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Peso anhidro}}{\text{Volúmen anhidro}}$$

Variación volumétrica y absorción - de humedad.- La metodología a seguir para la determina - ción de variación volumétrica y absorción de humedad fue la siguiente:

Las probetas después de ensayadas - en gravedad específica se sumergieron en agua por espa - cio de una semana, se pesaron y se les determinó su vo - lúmen nuevamente. tablas III, IV.

$$\% \text{ absorción de humedad} = \frac{\text{Peso verde} - \text{Peso anhidro} \times 100}{\text{Peso anhidro}}$$

$$\% \text{ Variación volumétrica} = \frac{\text{Dimensión verde} - \text{Dimensión anhidro} \times 100}{\text{Dimensión verde}}$$

Flexión estática.- El ensayo de la flexión estática se realizó en una máquina "Swich-Bend" modelo 2201 con una capacidad de 500 Kg/cm y una velocidad uniforme de 2 mm/min con un claro de 18 cm.

Con las lecturas obtenidas en el deformímetro se determinó el esfuerzo máximo al momento de la ruptura y el módulo de elasticidad (tablas V, VI) mediante las siguientes relaciones:

$$M.E = \frac{P_i l}{4 D b d}$$

$$E.M.R = \frac{1.5 P l}{b d}$$

en donde:  $P_i$  = carga al límite de proporcionalidad.

$l$  = claro.

$D$  = deformación al límite de proporcionalidad.

$b$  = ancho.

$d$  = altura.

$p$  = carga máxima.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dureza Janka.- La dosis a la cual se encuentra una mayor dureza Janka es a 0.6 Mrads y una relación de aserrín de encino - metil metacrilato de 9/20 (Gráfica No. 1).

Gravedad específica.- La gravedad específica para todas las muestras es del mismo orden como se observa en la gráfica No. 2. Los valores oscilan entre un mínimo de 0.601 para una dosis de 0.3 Mrads y una relación aserrín-monomero de 8/20; la máxima densidad encontrada es de 0.700 a una dosis de 0.6 Mrads y una relación de 10/20.

Absorción de humedad.- El % de absorción de humedad encontrado a 0.3 Mrads es de 32.95% y el valor mínimo es de 16.93% para la dosis de 0.6 Mrads y para la relación sustrato-monomero de 9/20. A mayores dosis que 0.6 Mrads la absorción de humedad se ve incrementada (Gráfica No. 3)

Variación volumétrica.- El % de variación volumétrica, es mínima a la dosis de 0.6 Mrads y a la relación de 9/20 y los máximos valores son para 0.3 Mrads, ya que se incrementa al disminuir la cantidad de aserrín. (Gráfica No. 4)

Flexión estática.- El esfuerzo máximo -  
al momento de la ruptura se encontró a la dosis de 0.6 -  
Mrads y una relación de 9/20 y el módulo elasticidad ---  
máxima, también se encontró a 0.6 Mrads y a la relación  
sustrato-monomero 9/20. (Gráficas Núms. 5 y 6).

## CONCLUSIONES.

En todas las pruebas se observó que - la mejor dosis es la de 0.6 Mrads y la relación óptima es de 90 g de aserrín de encino en 200 ml de M M A.

Se sabe que a mayores pesos moleculares mejores propiedades mecánicas, en trabajos (13) anteriores se encontró que a la dosis de 0.6 Mrads había degradación del polímero, por lo que coincide con la dosis óptima encontrada.

Por las características, apariencia y propiedades mecánicas observadas en el material, éste se puede usar como material de construcción y/o material de relleno, con aplicación como sustituto de la madera en -- los componentes del hogar e industria.

TABLA I

DUREZA JANKA (KG)

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DUREZA JANKA (KG) DEL NUEVO MATERIAL ASERRIN DE ENCINO - M. M. A.

DOSIS TOTAL	RELACION	SUSTRATO	MONOMERO	
M RADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3	450	505	660	640
0.3	560	610	690	610
0.3	460	500	680	590
0.3	505	580	630	535
0.3	525	600	690	
PROMEDIO	500	559	670	593
0.6	520	615	750	810
0.6	700	605	735	740
0.6	485	600	755	695
0.6	710	815	735	785
0.6	460	670	755	735
PROMEDIO	575	661	766	753
0.9	525	540	690	
0.9	525	605	790	
0.9	450	620	740	
0.9	485	630	640	
0.9	470	510	690	
PROMEDIO	511	581	710	
1.2	445	550	590	580
1.2	535	545	660	605
1.2	460	425	515	570
1.2	335	555	605	695
1.2	440	550	545	510
PROMEDIO	443	525	583	592



TABLA II

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE GRAVEDAD ESPECIFICA DEL NUEVO MATERIAL ASERRIN DE ENCINO - M M A .

DOSES TOTAL	RELACION		SUSTRATO	MONUMERO
MRADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3	0.622	0.605	0.625	0.661
0.3	0.620	0.628	0.635	0.636
0.3	0.813	0.530	0.542	0.636
0.3	0.835	0.628	0.643	0.631
0.3	0.638	0.614	0.637	
PROMEDIO	0.653	0.601	0.638	0.641
0.6	0.664	0.672	0.706	0.702
0.6	0.638	0.655	0.683	0.701
0.6	0.636	0.667	0.696	0.696
0.6	0.639	0.657	0.697	0.703
0.6	0.640	0.657	0.701	0.698
PROMEDIO	0.643	0.664	0.694	0.700
0.9	0.696	0.672	0.674	
0.9	0.632	0.655	0.714	
0.9	0.626	0.667	0.688	
0.9	0.653	0.667	0.695	
0.9	0.636	0.657	0.692	
PROMEDIO	0.667	0.664	0.692	
1.2	0.659	0.652	0.663	0.676
1.2	0.664	0.655	0.673	0.669
1.2	0.646	0.676	0.690	0.658
1.2	0.650	0.672	0.725	0.701
1.2	0.661	0.674	0.651	0.661
PROMEDIO	0.656	0.669	0.678	0.673

TABLA III

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL POR CIENTO DE ABSORCION DE -  
HUMEDAD DEL NUEVO MATERIAL ASERRIN DE ENCINO - M. M. A.

DOSIS TOTAL	RELACION		SUSTRATO	MONOMERO
M RADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3	32	34	30	27
0.3	28	32	31	27
0.3	32	35	27	28
0.3	29	33	26	29
0.3	24	30	30	
PROMEDIO	29.2	32.9	28.9	27.4
0.6	15	17	16	19
0.6	17	18	18	23
0.6	19	17	16	18
0.6	22	17	18	18
0.6	19	17	16	18
PROMEDIO	18.4	17.2	16.9	19.4
0.9	18	18	19	
0.9	19	19	19	
0.9	20	18	19	
0.9	19	19	16	
0.9	21	19	20	
PROMEDIO	19.4	18.6	18.8	
1.2	28	23	22	21
1.2	19	22	25	22
1.2	25	23	25	24
1.2	25	22	28	18
1.2	21	23	25	20
PROMEDIO	23.6	22.5	25	21.0

TABLA IV

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL POR CIENTO DE VARIACION VOLUMETRICA DEL NUEVO MATERIAL ASERRIN DE ENCINO - M. M. A .

DOSIS TOTAL	RELACION	SUSTRATO	MONOMERO.	
MRADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3		16	11	16
0.3	36	9	9	17
0.3	35	14	9	0
0.3	13	4	5	3
0.3	12	11	12	
PROMEDIO	23	13	9.5	9
0.6	2	4	3	3
0.6	3	4	2	5
0.6	3	2	2	3
0.6	2	3	3	4
0.6	4	2	3	3
PROMEDIO	2.8	3.0	2.6	3.6
0.9	2	3	2	
0.9	3	2	5	
0.9	3	1	2	
0.9	3	5	3	
0.9	2	2	4	
PROMEDIO	2.6	2.6	3.3	
1.2	3	3	3	2
1.2	3	8	4	3
1.2	2	3	7	2
1.2	3	4		3
1.2	2	3	2	2
PROMEDIO	2.6	3.3	4	2.6

TABLA V

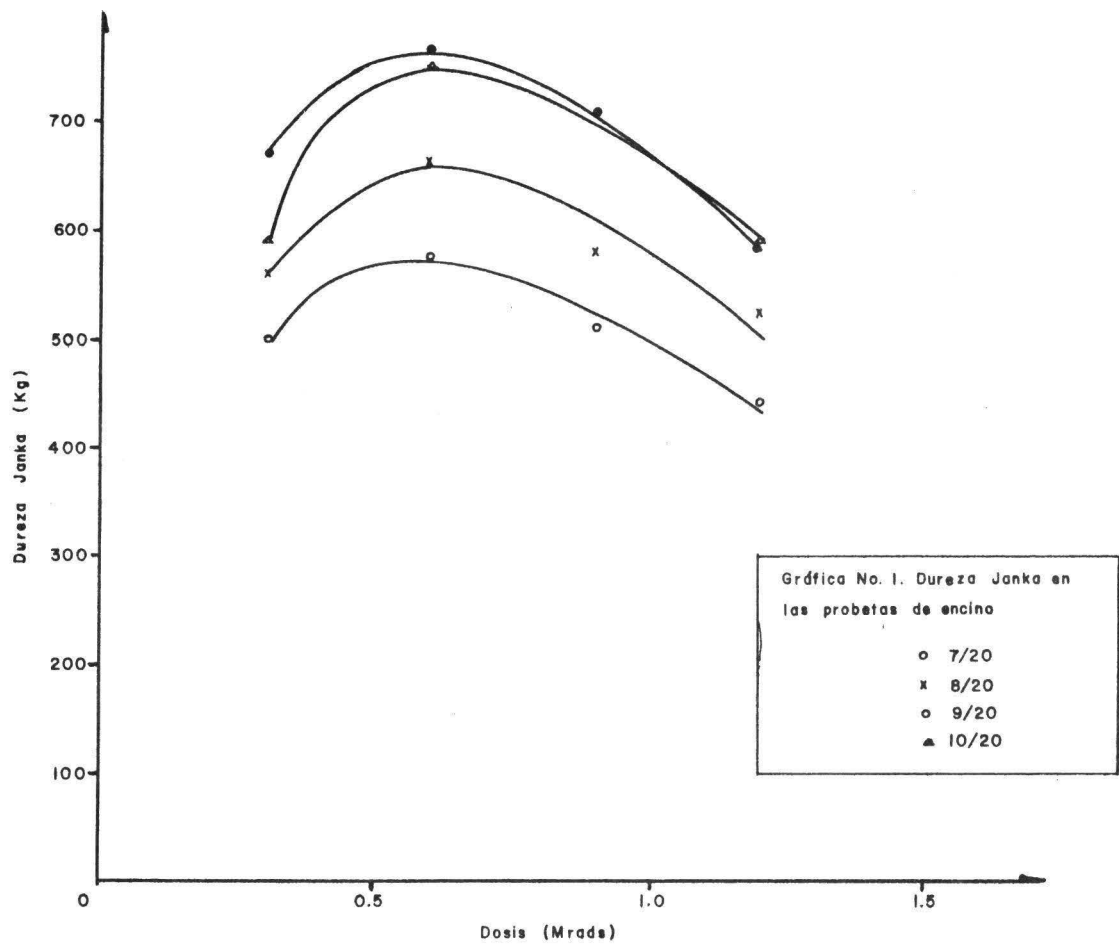
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLEXION ESTATICA DEL NUEVO - MATERIAL ASERRIN DE ENCINO - M M A .				
MODULO DE ELASTICIDAD KG/CM				
DO SIS TOTAL	RELACION	SUSTRATO	MONOMERO.	
M RADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3	6365	5918	5427	7169
0.3	6664	4886	1017	6209
0.3	4424	6897	5619	6365
0.3	6458	5154		6969
0.3	9915		4034	1339
PROMEDIO	6755	5713	4424	5609
0.6	4820	6296	7087	5803
0.6	6205	6098	8272	5865
0.6	5902	8421	9475	6956
0.6	6150	3669		
0.6	8308	7269	7749	
PROMEDIO	6677	6310	7896	6521
0.9	6467	4725	6156	7973
0.9	5721	6616		7744
0.9	6626	9958	7572	6375
0.9	5918	6422	4326	7294
0.9	6062	6399	7600	7296
PROMEDIO	6159	6823	6413	7336

TABLA VI

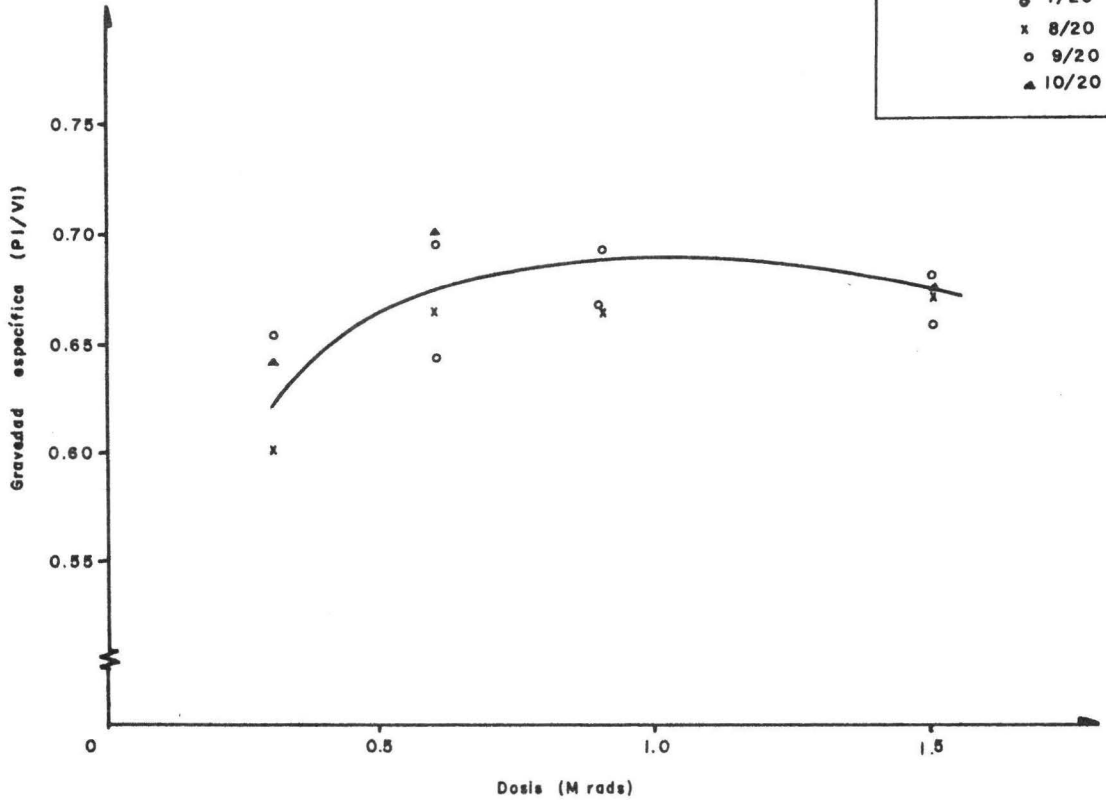
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLEXION ESTATICA DEL NUEVO -  
MATERIAL DE ENCINO - M M A .

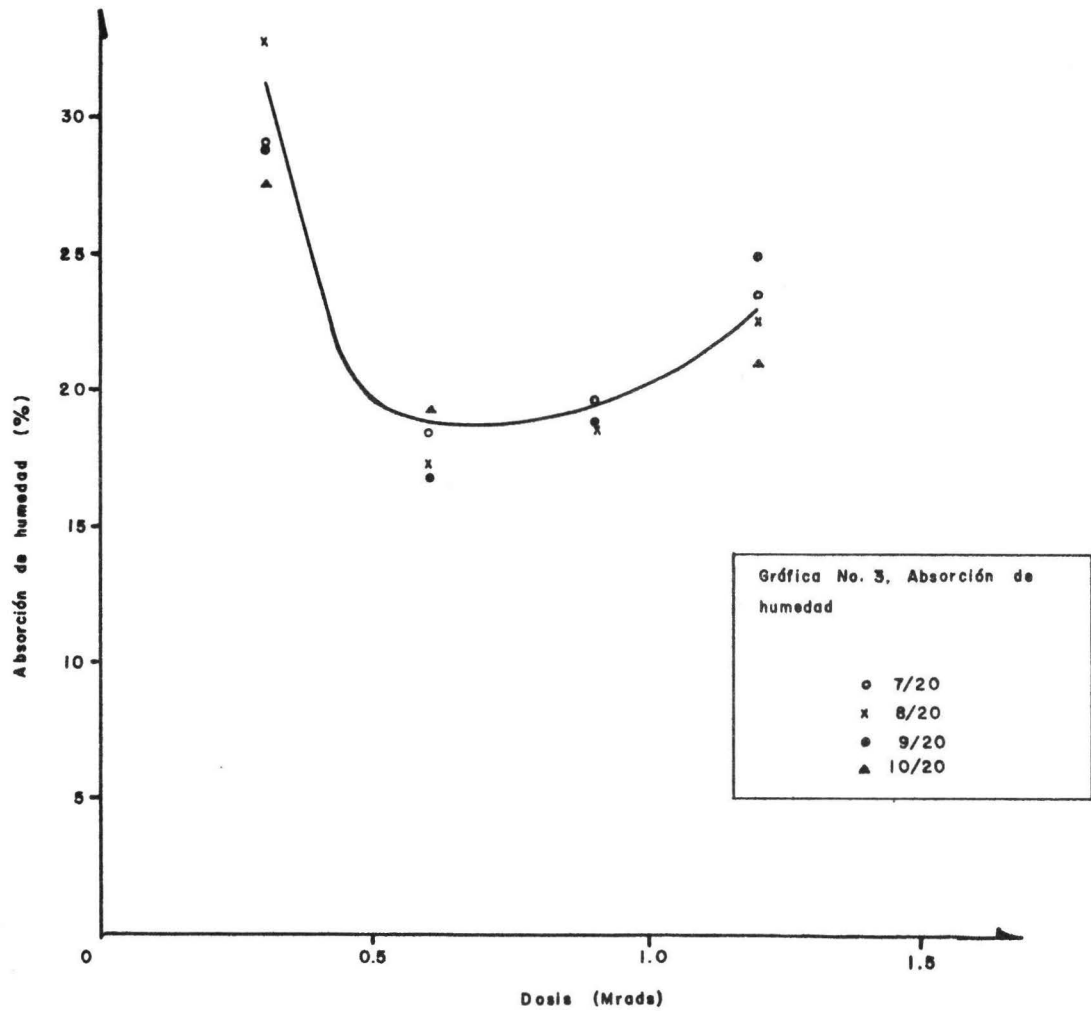
ESFUERZO MAXIMO AL MOMENTO DE LA RUPTURA.

DOSIS TOTAL	RELACION		SUSTRATO	MONOMERO.
M RADS	7/20	8/20	9/20	10/20
0.3	37.03	26.23	40.99	48.14
0.3	24.28	42.82	42.69	43.30
0.3	32.59	45.05	27.77	46.63
0.3	30.99	29.39	20.96	45.72
0.3	<u>28.16</u>	<u>30.69</u>	<u>27.32</u>	<u>30.22</u>
PROMEDIO	30.61	38.83	31.94	42.80
0.6	32.59	41.88	59.02	36.23
0.6	40.06	40.77	55.51	33.59
0.6	41.16	38.80	43.50	26.93
0.6	28.43	28.04	59.37	69.55
0.6	<u>29.44</u>	<u>45.08</u>	<u>45.90</u>	<u>93.43</u>
PROMEDIO	34.33	38.91	52.86	51.96
0.9	40.61	41.92	39.91	59.63
0.9	43.57	26.77	38.16	43.89
0.9	47.48	39.42	31.43	55.35
0.9	42.11	49.00	20.63	47.59
0.9	<u>28.50</u>	<u>51.29</u>	<u>55.73</u>	<u>46.44</u>
PROMEDIO	40.45	41.67	37.17	50.58
1.2	21.78	44.89	67.26	47.63
1.2	20.21	51.74	52.59	69.62
1.2	17.88	46.25	56.66	72.26
1.2	21.32	50.47	65.91	43.66
1.2	<u>21.32</u>	<u>55.59</u>	<u>53.23</u>	<u>28.59</u>
PROMEDIO	20.29	49.78	59.13	52.35

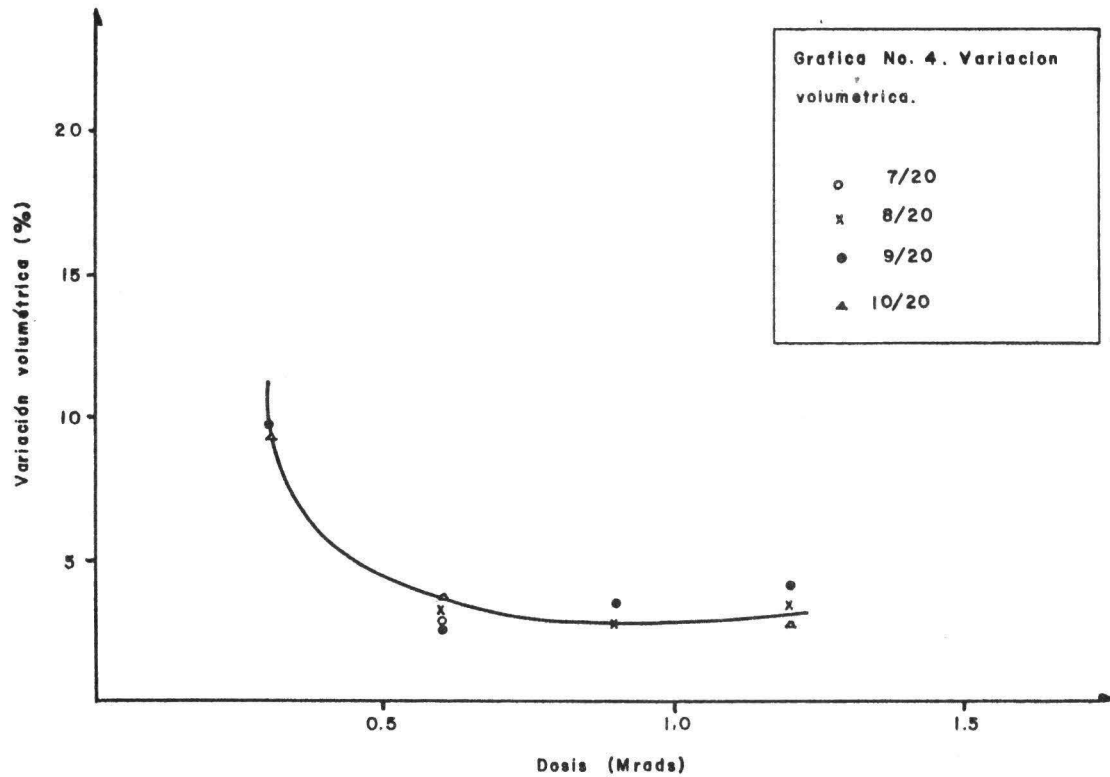


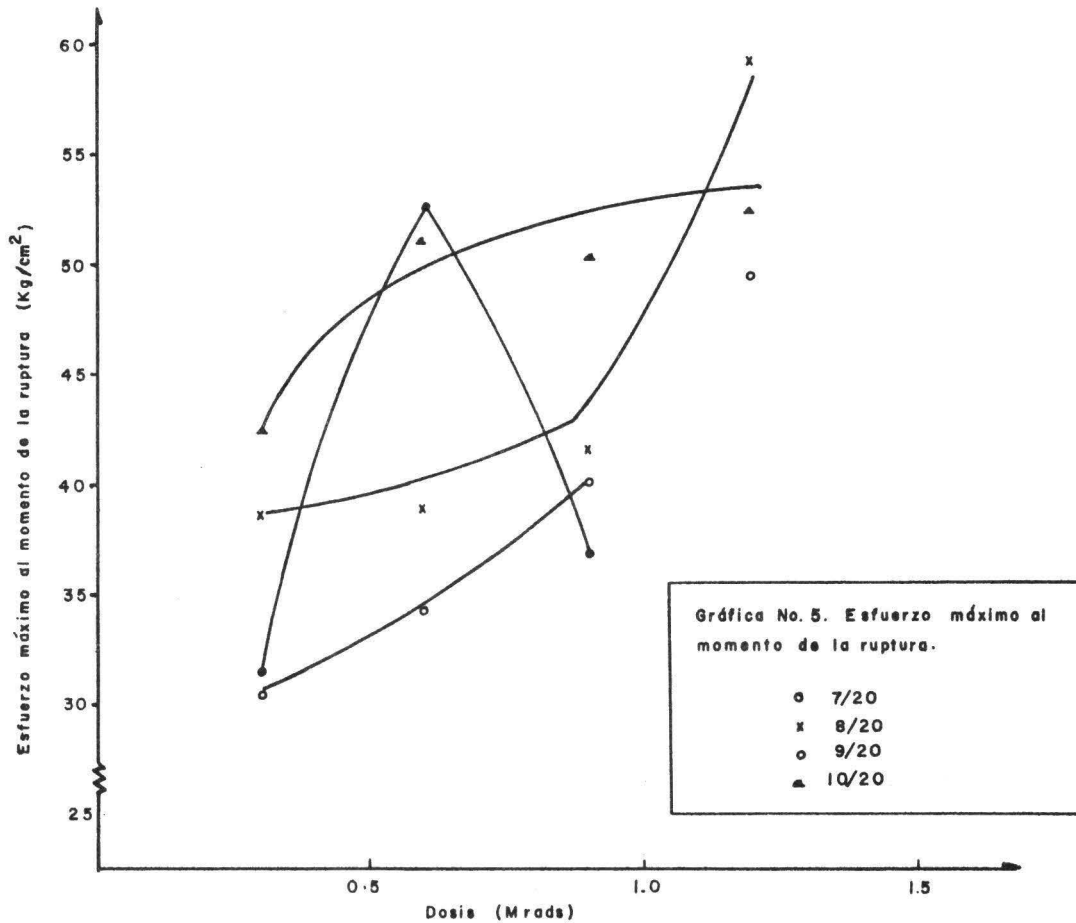
Gráfica No. 2. Gravedad específica.

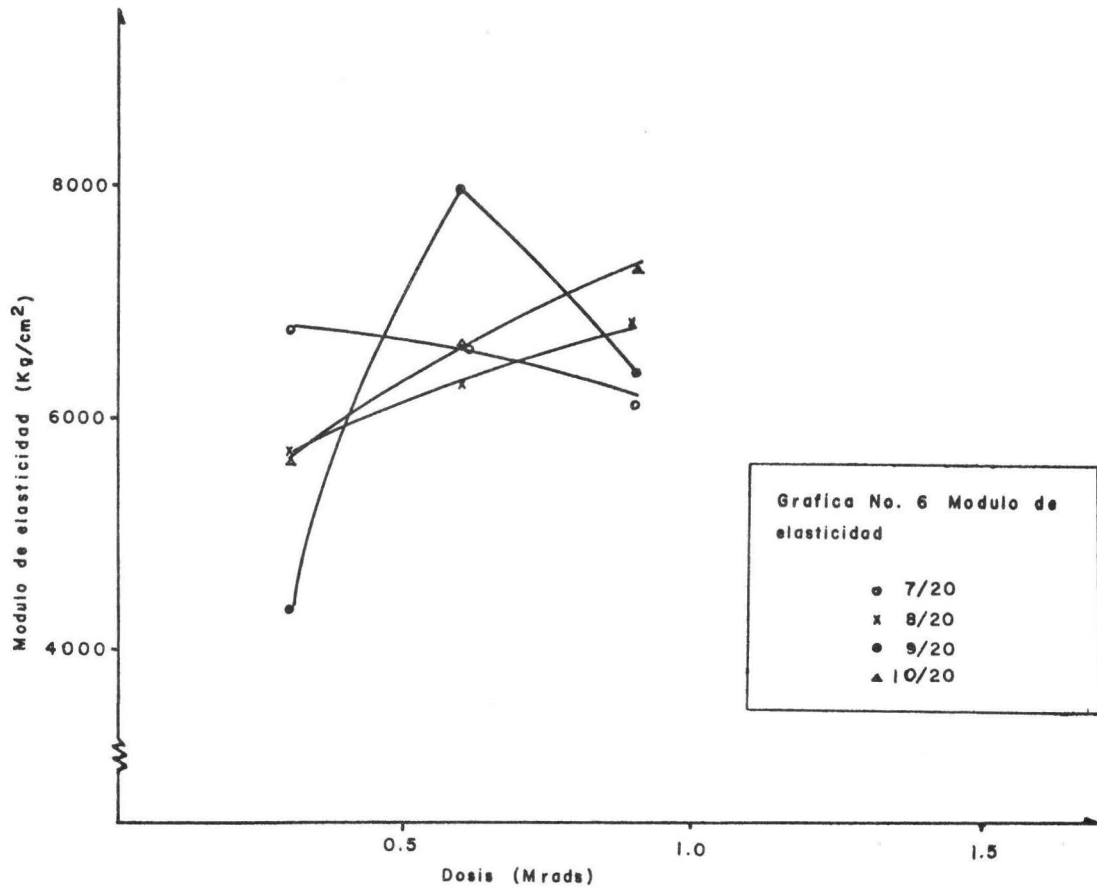












Grafica No. 6 Modulo de elasticidad

- 7/20
- x 8/20
- 9/20
- ▲ 10/20

## BIBLIOGRAFIA

1.- V. Stannett.

"Monomer-polymer chemistry and the impregnation process".

Chemistry Engineering Department North Carolina State University. U.S.A.

2.- J.A. Kent. Et al.

Manufacture of wood-plastic combinations by use of gamma radiation.

Engineering Experiment Station.

West Virginia University U.S.A.

3.- Jorma K. Miettinen, Et al.

Mechanical properties of wood-plastic combines made of four Finnish wood species by impregnation with dimethyl methacrylate of polyester and gamma polymerization.

Helsinki (1968).

4.- Naotchi Fakashima, Yujiro Nakayama, Takeo Iwamoto.

Japan Plastics Age.

Properties and applications of S.D.P.

Special Feature.

Japan, February (1972).

5.- J. W. T. Spinks and R. J. Woods.

An introduction to radiation chemistry.

John Wiley and Sons, Inc.

New York (1964).

- 5.- A. Charlesby.  
Atomic radiation and polymer.  
Pergamon Press.  
Great Britain (1960).
- 7.- B. L. Browning.  
Methods of wood chemistry.  
Vol. I, II,  
Interscience Publishers. Willey and Sons.  
New York (1967).
- 8.- Alfred J. Stamm.  
Wood and cellulose science.  
The Ronald Press. Co.  
New York (1964).
- 9.- M.A. Pedro Vela Fuente.  
Posible utilización de paja, rastrojo y elote para  
obtención industrial de lignina.  
Tesis para obtener el Título de Químico U.A.Q.  
Querétaro (1968).
- 10.- R. O. Bolt., J. G. Carroll.  
Radiation effects on organic materials.  
Academic Press.  
New York (1963).
- 11.- Sofía Guillermina Burillo A.  
Cambios inducidos por la radiación gamma en ciertas  
maderas mexicanas.

Tesis para obtener el grado de Maestría en Química Nuclear.

U.N.A.M. (1970).

12.- Adolphe Chapiro.

Radiation Chemistry of polymeric.

Systems high polymers.

Vol. XV.

John Wiley Sons.

New York (1964).

13.- Instructivo de manejo del Gamma - beam 650.

14.- Ung - Ping Wang.

Factors affecting the impregnation of gabasse and - other fac-eastern fibrous materials.

Radioisotope Laboratory, Union Industrial, Research Institute.

Rep. of China (Taiwan).

15.- Jorge Enrique Hernández Ortiz.

Obtención de la curva de distribución de pesos moleculares de P M M A, obtenido por irradiación gamma.

Tesis para obtener el Título de Químico U.A.Q.

Querétaro (1974).