

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO PRELIMINAR PARA EL DESARROLLO DE
ALGUNOS RECUBRIMIENTOS PARA POLIESTIRENO
EXPANDIDO APROVECHANDO EXCEDENTES AGRI-
COLAS Y/O INDUSTRIALES.**

77

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

GILBERTO A. COELLO RAMIREZ



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.

CLAS. Tesis
ADQ. 1924
FECHA
PROC. 11179



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE:

PRESIDENTE: PROF. JULIO TERAN ZAVALETA

VOCAL : PROF. HECTOR SOBOL ZASLAV

SECRETARIO: PROF. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE

1er. SUPLENTE: PROF. FERNANDO ITURBE HERMANN

2do. SUPLENTE: PROF. MARGARITA GONZALEZ TERAN

ESTA TESIS SE DESARROLLO EN EL CENTRO DE INVESTIGACION
DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

SUSTENTANTE: GILBERTO AMBROSIO COELLO RAMIREZ

ASESOR DEL TEMA: ING. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE

SUPERVISOR TECNICO: DR. ALFREDO PEREZ DE MENDOZA

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE CON TODO CARIÑO
EN RECONOCIMIENTO A SUS AB
NEGADOS SACRIFICIOS

A MIS HERMANOS Y HERMANAS
COMO MUESTRA DE AGRADECI-
MIENTO

A MI NOVIA HILDA CON
TODO MI AMOR

A MI ESCUELA

A MIS MAESTROS

AL H. JURADO

PERSONAS A LAS CUALES AGRADEZCO SU COLABORACION:

A MI HERMANO EL DR. PEDRO COELLO
RAMIREZ POR SU VALIOSA Y DESINTE-
RESADA AYUDA PARA MI FORMACION
PROFESIONAL

AL DR. ALFREDO PEREZ DE MENDOZA
Y AL ING. GUILLERMO ALCAYDE LA-
CORTE POR HABERME BRINDADO LA O-
PORTUNIDAD DE LLEVAR A CABO ES-
TE TRABAJO Y POR SUS ACERTADAS
INTERVENCIONES PARA LA REALIZA-
CION DEL MISMO

AL ING. FELIPE PARRILLA C

INSTITUCIONES A LAS CUALES AGRADEZCO SU COLABORACION:

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES

INSTITUTO DE INGENIERIA

REICHHOLD QUIMICA DE MEXICO

I N D I C E

	Pág
1.- INTRODUCCION	1
2.- GENERALIDADES	3
2.1 POLIMEROS	
2.2 ISOMERISMO EN LOS POLIMEROS	
2.3 RECUBRIMIENTOS	
2.4 TIPOS DE RECUBRIMIENTOS MAS USUALES	
2.5 POLIESTERES	
2.6 LIMITACIONES Y VENTAJAS DE LAS RESINAS POLIESTER	
2.7 MATERIALES COMPUESTOS	
2.8 EXCEDENTES AGRICOLAS E INDUSTRIALES	
3.- OBJETIVOS	13
3.1 ENCONTRAR UN MATERIAL APROPIADO PARA RECUBRIR EL POLIESTIRENO EXPANDIDO	
3.2 INCORPORAR DESECHOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES EN LAS RESINAS POLIESTER	
3.3 EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATE- RIALES OBTENIDOS	
3.4 EVALUACION DE LOS COSTOS MEDIANTE UN ESTUDIO E- CONOMICO PRELIMINAR DE LOS MATERIALES DESARRO-- LLADOS	
3.5 COMPARACION DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES OB	

	Pág
TENIDOS CON OTROS USADOS COMERCIALMENTE	
3.6 DEFINIR LOS METODOS EMPLEADOS PARA PODER APLICAR CADA TIPO DE MATERIAL	
4.- PARTE EXPERIMENTAL	16
4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES	
4.2 PROGRAMACION EXPERIMENTAL	
4.3 PRUEBAS MECANICAS Y FISICAS	
5.- RESULTADOS	29
5.1 SELECCION DEL SISTEMA CATALIZADOR-ACCELERADOR	
5.2 RESISTENCIA A LA TENSION	
5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION	
5.4 RESISTENCIA AL IMPACTO	
5.5 DUREZA	
5.6 VALORES COMPARATIVOS DE OTROS TIPOS DE MATE- RIALES	
5.7 VALORES COMPARATIVOS DE INDICES DE COSTOS DE OTROS TIPOS DE MATERIALES	
5.8 INTEMPERISMO	
5.9 BREVE ESTIMACION DE COSTOS	
6.- CONCLUSIONES	37
6.1 ELABORACION DE MATERIALES PARA RECUBRIR EL POLIESTIRENO EXPANDIDO	

6.2	INCORPORACION DE DESECHOS AGRICOLAS E <u>INDUS</u> TRIALES	Pág
6.3	EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS	
6.4	INDICES ECONOMICOS PRELIMINARES	
6.5	COMPARACION DE PROPIEDADES	
6.6	APLICACION	
6.7	PROYECCIONES AL FUTURO	
7.-	BIBLIOGRAFIA	40

1.- INTRODUCCION

En la actualidad en la industria de la construcción se ha hecho extensivo el uso de placas de poliestireno expandido para su empleo, entre otros, en plafones, sin embargo no se ha generalizado su uso en paneles de separación, debido fundamentalmente a que existe el problema de sus características mecánicas, las cuales lo colocan desfavorablemente en comparación con los materiales de construcción convencionales para su utilización en cubiertas de muros, etc.

Se ha intentado resolver esta situación desarrollando recubrimientos a base de emulsiones de estireno-butadieno, teniendo como agregados yeso, cal, etc., o bien cubriéndolos con yeso o cemento, sin embargo los resultados no han sido satisfactorios debido a lo endeble del sustrato (poliestireno expandido), amén del costo que representa. Es por ello que se pensó que sería de interés el poder generar nuevos tipos de recubrimientos de propiedades mecánicas apropiadas o que se equipararan cuando menos con los materiales ya conocidos y desde luego teniendo en mente la parte económica.

En este trabajo se describe el desarrollo de recubrimientos para el poliestireno expandido con la característica

de incorporarse como refuerzo en la matriz polimérica a materiales de excedentes agrícolas e industriales, para que de esta manera se puedan abrir las perspectivas de formación de alguna empresa ejidal que pueda ocuparse de la producción de este tipo de materiales y que pueda implementarse, con la industria de los plásticos.

Se enlistan los resultados obtenidos, los cuales muestran la benevolencia de estos materiales, quedando por tanto la pauta para un estudio más formal que prevea la implantación de una empresa o empresas que puedan producir estos materiales y por tanto aplicar indirectamente el mercado potencial de uso del poliestireno expandido.

2.- GENERALIDADES

2.1 POLIMEROS.-

Los polímeros son compuestos formados por la reacción de moléculas sencillas (monómeros) que poseen grupos funcionales que permiten su combinación para pasar a altos pesos moleculares bajo condiciones adecuadas . Los polímeros se pueden formar por dos mecanismos principales que son: adición y condensación.

Los polímeros se clasifican en termoplásticos y termofijos.

Los primeros tienen la propiedad de ser moldeados bajo presión y calor repetidamente. Los segundos pierden esta propiedad una vez que han sido expuestos al calor y presión requeridas para moldear el material.

Por otro lado existen los elastómeros que son materiales que a la temperatura ambiente pueden ser alargados a cuando menos el doble de su longitud original y volver después del alargamiento a su longitud original.

La cristalinidad es el arreglo ordenado de las moléculas para formar una estructura definida. La cristalinidad en los polímeros no es la misma que en materiales tan comunes como el sulfato de cobre y el cloruro de sodio, pero fundamentalmente todos los átomos están arreglados ordena

damente dentro de la estructura.

Si no existe un orden, entonces el polímero es amorfo.

Un ejemplo de estructura cristalina es un polímero para fabricar fibras como el nylon. El poliestireno es un ejemplo de estructura amorfa.

Una importante propiedad de los polímeros es su punto de fusión cristalino T_m , el cual es la temperatura en la que la estructura cristalina desaparece y la sustancia será entonces líquida.

Los polímeros sin embargo sufren una etapa intermedia es decir, cambian a una temperatura que es menor que la T_m y que es llamada temperatura de transición vítrea T_g , en la que el movimiento molecular se hace notorio.

2.2 ISOMERISMO EN LOS POLÍMEROS.-

Existe un isomerismo en los monómeros que puede ocurrir siempre y cuando ellos contengan dobles ligaduras y es el isomerismo cis y trans.

Similarmente existe otra manifestación de isomerismo en los polímeros, a saber:

cuando todos los grupos bencénicos están en un mismo plano, entonces el polímero es isotáctico. Cuando los grupos pueden alternarse uno arriba y otro abajo el polímero es sindiotáctico y por último cuando los anillos están arre-

glados al azar se les conoce como atácticos.

De acuerdo a cada una de estas isomerías las propiedades físicas correspondientes son: alto punto de fusión, grandes densidades altas temperaturas de transición y baja solubilidad: desde luego estas propiedades se pueden ver alteradas por la cristalinidad y el entrecruzamiento de moléculas debido a la posibilidad de establecer puentes de algún tipo entre las moléculas.

2.3 RECUBRIMIENTOS.-

Día a día el uso de los polímeros en recubrimientos va — adquiriendo mayor auge ya que su precio es moderado, fácil de conseguir y sobre todo porque los polímeros tienen excelentes propiedades físicas que dan a los recubrimientos una mayor resistencia y duración.

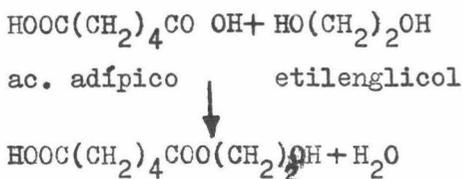
Hoy en día es una necesidad imperante para muchos casos — el uso de los recubrimientos. Los recubrimientos protectores de superficie son aplicados por diversos métodos que pueden ser de rocío, con brocha, espátula o bien sumergiendo el objeto en un recipiente. Los recubrimientos protectores y decorativos más usuales están en forma de pintura, barniz, resina y algunas lacas.

2.4 TIPOS DE RECUBRIMIENTOS MAS USUALES.-

TIPO	USOS	PROPIEDADES	IMPORTANCIA
Acetato de <u>celu</u> <u>losa.</u>	Pisos, linóleos, <u>re</u> cubrimiento para -- papel.	Secado rápido, y fácil aplicación.	Pisos y linóleos, <u>pe</u> queña. Decorado, - pequeña.
Metacrilato de metilo y butilo.	Herramientas de au- tomóviles, <u>plásti</u> -- cos.	Secado rápido, exce-- lente durabilidad, -- buena retención de <u>co</u> lor.	Herramientas, y <u>plás</u> ticos, buena.
Resinas epóxi-- cas.	Pisos y recubrimien tos.	Muy fuertes, secado <u>rá</u> pido y moderada resis- tencia química.	Dureza, buena. Re-- sistencia a álcalis, buena.
Resinas polies- ter.	Acabado para <u>plásti</u> cos junto con fibra de vidrio.	Resistencia al fuego, excelente durabilidad y buena retención de - color.	Desarrollándose.

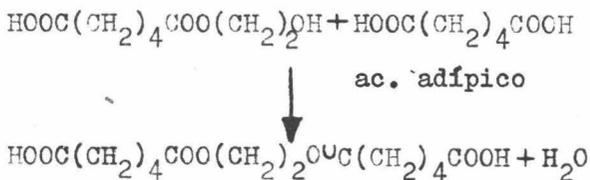
2.5 POLIESTERES.-

Los poliésteres se forman por la reacción entre un alcohol y un ácido. Así se tiene un ejemplo de la reacción entre el ácido adípico y el etilenglicol para producir un polímero, como se muestra en la siguiente reacción:



Esta primera etapa consiste en la formación de un ácido hidroxicarboxílico en la cual la difuncionalidad de los reactivos es preservada en el producto.

El producto obtenido en la reacción puede reaccionar, ya sea con ácido adípico o etilenglicol para producir el ácido dicarboxílico o un diol, así se tiene:



2.6 LIMITACIONES Y VENTAJAS DE LAS RESINAS POLIÉSTER.-

Como es sabido todos los materiales de resina poliéster tienen sus limitaciones. Aunque son mejores que muchos plásticos por lo que respecta a flamabilidad y resistencia al calor. En plásticos reforzados con resina poliéster existen muy importantes desventajas de encogimiento durante el curado lo que provoca una superficie plana difícil de obtener y que causa una pobre resistencia al agua y medio ambiente.

Sin embargo existen muchas ventajas en las resinas poliéster porque ellas son cien por ciento reactivas, fácilmente combinables con cargas. Además pueden ser curadas sin presión, el costo del equipo para moldeo suele ser comparativamente bajo. Además pueden ser curadas sobre un amplio intervalo de condiciones. Para propósitos generales las resinas poliéster son de un precio moderado.

2.7 MATERIALES COMPUESTOS.-

Los materiales compuestos están caracterizados por poseer una interfase que tiene propiedades diferentes de los materiales primitivos de que está constituido.

Las resinas pueden ser de dos tipos: termofijas y termoplásticas.

Los refuerzos pueden ser asbestos, fibras de vidrio, ny-

lon o bien excedentes agrícolas o industriales. Los materiales de poliéster reforzado son fuertes, resistentes al agua a los solventes y reactivos. Estos materiales hechos a base de resina poliéster tienen buena adhesividad a las superficies en donde son aplicados. La aplicación de estos materiales puede hacerse por medio de rociado, con brocha o bien con espátula.

Las propiedades por lo que respecta a la dureza y colorabilidad integral son buenas sobre todo si el material compuesto se usa en la construcción, amén de su buena economía.

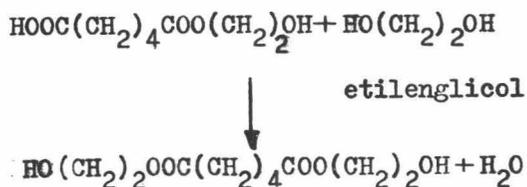
En la actualidad las resinas poliéster tienen un amplio mercado en la industria mueblera, debido a que se están desarrollando nuevas técnicas de moldeo. Se están fabricando actualmente sofás, sillas y otras piezas de decoración a base de resina poliéster y fibra de vidrio.

En la industria de la construcción se están desarrollando nuevas técnicas para fabricar paneles de casas, tejados a base de poliuretano espumado y ultimamente se están empleando placas de poliestireno expandido.

2.8 EXCEDENTES AGRICOLAS E INDUSTRIALES.-

El hecho de introducir excedentes agrícolas e industriales en este trabajo es con el fin de darles un uso bien o

o bien con el etilenglicol:



En suma se puede reaccionar con otra molécula similar para producir un polímero conteniendo cuatro unidades monoméricas.

Una característica muy importante que posee la resina poliéster cuando se refuerza con fibra de vidrio, el laminado que se obtiene posee muy buenas propiedades mecánicas y resistencia a algunos productos químicos.

Sin embargo debido a el notable crecimiento y aplicación de plásticos reforzados en la industria (automotriz, química y de construcción) se exigen materiales con ciertas propiedades específicas.

Dentro de tales propiedades a los plásticos reforzados se le encuentran las siguientes:

- 1.- Resistencia relativa al fuego.
- 2.- Resistencia al intemperismo.
- 3.- Resistencia a productos químicos.

El carbonato de calcio se emplea más que nada para reducir costos, puede ser mezclado en grandes cantidades sin aumentar en demasía la viscosidad del sistema. Su precio no es elevado y se puede adquirir fácilmente.

El caolín (silicato de aluminio hidratado), excedente que se emplea en pequeñas cantidades ya que su función principal es aumentar la viscosidad de la mezcla. Se puede conseguir fácilmente y su costo va de acuerdo a su calidad siendo de cualquier manera bajo. Probablemente es la carga más importante del tipo de arcilla usada en plásticos. De acuerdo con las necesidades de los productos o artículos fabricados con resina poliéster o plástico reforzado, la carga ideal debe tener las siguientes características:

- 1.- Bajo costo y amplia disponibilidad.
- 2.- Baja absorción de aceite.
- 3.- No impartir color.
- 4.- No influir en el tiempo de gelado.
- 5.- No reaccionar con la resina poliéster o los componentes del sistema.
- 6.- Mejorar las características del producto.
- 7.- Baja solubilidad en agua.

3.- OBJETIVOS

3.1 ENCONTRAR UN MATERIAL APROPIADO PARA RECUBRIR EL POLIESTIRENO EXPANDIDO.

Uno de los aspectos de mayor preocupación de los fabricantes de poliestireno expandido es de proteger a este material debido a que la superficie del mismo es muy sensible a aplicaciones de cargas superiores a tres kilogramos por centímetro cuadrado con la consecuente deformación del material, también se desea conferir un aspecto agradable al producto terminado. Es por eso que se decidió desarrollar un material apropiado para recubrir al poliestireno expandido a base de resina poliéster reforzada con excedentes agrícolas o industriales. Todo esto en relación con la industria de la construcción para provocar una mejor aceptación del sector arquitectónico y decorativo dentro del ramo de acondicionamiento y construcción. Para ello se tratará de diseñar algunos materiales que cumplan con los requisitos mínimos tales como:

Resistencia a la compresión:	500 Kg/cm ²
" " " tensión:	400 "
" al impacto:	0.08 Kg-m
Dureza barcol:	15
Intemperismo acelerado:	400 hrs.

rientado para la creación de nuevos modelos para la industria de la construcción y lo que de ella se deriva.

Las fibras de origen vegetal, se emplean en algunos procesos de moldeo cuando la pieza o producto terminado no requiere de gran resistencia mecánica. El costo de estos materiales agrícolas es bajo, su alta absorción de resina y su relativamente baja resistencia mecánica hace que el costo total del laminado sea un poco menor del que se hace con fibra de vidrio.

En este caso, los excedentes agrícolas usados son el aserrín y la cáscara de cacahuate, cuyos costos son bajos y se puede proveer de ellos con facilidad, el primero en las madererías o en las fábricas de papel y el segundo en las cacahuateras del país.

Desde luego existen épocas en el año en donde la escasez de estos materiales se hace presente provocando un incremento en el precio que va del 20 al 25%.

Dentro de los excedentes industriales usados para este estudio están el carbonato de calcio y el caolín. El carbonato de calcio se le encuentra como desperdicio en la industria del mármol.

La baja absorción de aceite del carbonato de calcio, hace que dicha carga sea ideal para fabricar artículos de plástico reforzado.

Costo por metro cuadrado no superior a \$ 120.00/m²

3.2 INCORPORAR DESECHOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES EN LAS RESINAS POLIESTER.-

La importancia que reviste este objetivo consiste en aprovechar a aquellos subproductos de las actividades agrícolas o industriales a los que no se les presta o encuentra aplicación alguna y adicionalmente poder incrementar las utilidades que pueda tener el agricultor, amén de disminuir por este concepto la necesidad de importar agentes de refuerzo clásicos como la fibra de vidrio de quien se tiene una subsidiaria extranjera en el país.

3.3 EVALUAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES OBTENIDOS CON DIVERSOS TIPOS DE CARGA EN DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACION.

Mediante pruebas mecánicas de tensión, compresión, dureza barcol e impacto se valuarán los resultados de los materiales a distintos niveles de concentración del agente de refuerzo con relación a la resina. Además de realizar la prueba de intemperismo acelerado.

3.4 EVALUAR MEDIANTE UN ESTUDIO ECONOMICO PRELIMINAR LOS COSTOS DE CADA UNO DE LOS MATERIALES DESARROLLADOS.-

Es de interés vital apreciar la benevolencia económica del material en comparación con los existentes comercialmente para poder tomar la decisión de una continuación del presente estudio en base a indicadores económicos en los que se consideren los costos de las propiedades del material en base a un volumen determinado para todos los materiales que se generen en este trabajo.

3.5 COMPARAR LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES OBTENIDOS CON OTROS USADOS COMERCIALMENTE.-

Esto es con el interés de poder situar a estos materiales dentro del espectro de materiales ya conocidos y poder acaso indicar aplicaciones adicionales en virtud de sus propiedades.

3.6 DEFINIR LOS METODOS EMPLEADOS PARA PODER APLICAR CADA TIPO DE MATERIAL.-

Se hará uso de diversos métodos sencillos de preparación para poder indicar el camino apropiado para su aplicación.

4.- PARTE EXPERIMENTAL

4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES.-

4.1.1 Suceptibilidad de ataque por solventes al poliestireno expandido.

El poliestireno expandido entre sus diversas propiedades físicas presenta la característica de que es soluble en compuestos aromáticos, así como hidrocarburos halogenados y otras sustancias tales como el etilenglicol que entra en la composición para obtener resina poliéster, en consideración a lo anterior es necesario y a la vez conveniente aplicar al poliestireno expandido una capa de algún agente protector conocido comercialmente como "primer" tal como el acrílo-nitrilo-butadieno para que venga a darle una protección contra el ataque de los productos antes mencionados.

4.1.2 Experiencias preliminares para la polimerización de la resina poliéster.

Se pueden obtener características físicas químicas y mecánicas aceptables en polímeros reforzados cuando se llegan a alcanzar polimerizaciones con un número elevado de uniones y sin residuos

de monómero es decir cuando la pieza se en-----
cuentra curada. El curado y el tiempo de gelado
inicial se ven afectados por factores como:

4.1.2.1. Cantidad de catalizador.

A menor cantidad de catalizador mayor
tiempo de gelado y por lo tanto aumento
en el tiempo de curado, pero menor peso
molecular.

4.1.2.2. Cantidad de acelerador.

Al igual que en el caso anterior la can-
tidad de acelerador influye en el tiem-
po de gelado. A mayor cantidad de acele-
rador menor tiempo de gelado y vicever-
sa, ya que la función del acelerador es
activar el catalizador contenido en la
formulación.

4.1.2.3. Temperatura.

A mayores temperaturas menores tiempos
de gelado y curado y en casos extremos
una baja temperatura y alta humedad pue-
den ocasionar curados incompletos, pero

pueden provocar una descomposición del polímero si son muy elevadas.

4.1.2.4. Cargas y pigmentos.

Una gran mayoría de cargas tienden a aumentar el tiempo de gelado de las resinas. Este aumento puede estar ocasionado no únicamente por la carga sino también por su contenido de humedad y algunas impurezas.

Por lo que respecta a los pigmentos existen algunos que alargan los tiempos de gelado, como por ejemplo los pigmentos hechos a base de negros y algunos tipos de azules. Por el contrario existen pigmentos reactivos que cuando se encuentran dispersados en la resina poliéster, tienden al gelado.

4.1.2.5. Otros.

Pequeñas cantidades de compuestos químicos conocidos como inhibidores suelen ocasionalmente ocasionar curados incompletos de la resina poliéster. Entre los inhibidores se encuentran resinas de fenol-formalde---

4.1.3 Características de la reacción.

La reacción química de curado podrá ser controlable en velocidad y grado por el sistema de catalizador, usualmente consistente en algún peróxido orgánico. Dependiendo sobre todo del catalizador, un amplio intervalo de curado podrá ser obtenido y puede ser desde quince segundos a treinta días y temperaturas de setenta grados farenheit a trescientos. Así el calor de reacción podrá controlarse siempre y cuando se escoja un apropiado catalizador.

Se debe tener un especial cuidado en la estimación de la cantidad de catalizador debido a que una elevada concentración de éste puede ocasionar elevaciones de temperatura y consecuentemente deformar al poliestireno expandido.

4.1.4 Experiencias previas con cargas en resina poliéster.

Existen algunas experiencias realizadas con anterioridad a base de resina poliéster y cargas que combinadas pueden proporcionar las propiedades requeridas.

Naturalmente una de las más conocidas es la que u-

tiliza fibra de vidrio y resina en su composición.

También, frecuentemente se han desarrollado técnicas a base de silicato de aluminio, hidrato de aluminio y en algunos casos las microesferas de vidrio que contribuyen a mejorar la resistencia a la abrasión.

4.2 PROGRAMACION EXPERIMENTAL.-

Como se dijo anteriormente, es necesario proteger las placas de poliestireno expandido con una emulsión de acrilonitrilo-butadieno, con objeto de que el poliestireno no sea dañado por las resinas poliéster y solventes orgánicos, estas placas se destinaron para apreciar la adhesión de la resina al sustrato y para las pruebas de intemperismo acelerado.

Para las pruebas mecánicas se escogieron las probetas de tal forma que cumplieran las normas del A.S.T.M.

4.2.1. Preparación del material.

Primeramente se pesó una cantidad definida de resina poliéster, a la cual se le agregó enseguida una cantidad de monómero de estireno previamente pesado, el cual es un agente de enlace reticular,

después se le adicionó el monómero de metacrilato de metilo también previamente pesado para que dé a la mezcla resistencia al intemperismo y le ayude a su transparencia.

Una vez hecho lo anterior se procedió a acelerar la mezcla con octoato de cobalto, es conveniente que dicha mezcla se acelere con tiempo, si es posible tener una resina preacelerada, ya que con el catalizador (peróxido de metil-etil-cetona) podría reaccionar violentamente dados los caracteres de reductor y oxidante respectivamente.

Una vez que se agregó el acelerador se comienza a mezclar la carga por partes agitando hasta quedar completamente homogénea. El paso siguiente es la adición de catalizador, la cual se hace lentamente procurando que la mezcla sea homogénea mediante una agitación también de manera lenta.

A continuación se muestran los esquemas de la programación experimental.

4.2.2 Determinación de tiempo de gelado.

Acordes a las experiencias transmitidas, se recomendó hacer lo siguiente:

En un vaso que contenga la mezcla y una vez que

ESQUEMA DE LA PROGRAMACION EXPERIMENTAL

Sustrato

Poliestireno expandido

Tratamiento de la superficie

Emulsión de acrílo-nitrilo-butadieno

Matriz polimérica

Resina poliéster
acelerador y
catalizador

Resina poliéster
acelerador y
catalizador

Carga

Cáscara de cacahuete

Aserrín

% en peso de carga

5 10 20

5 10 20

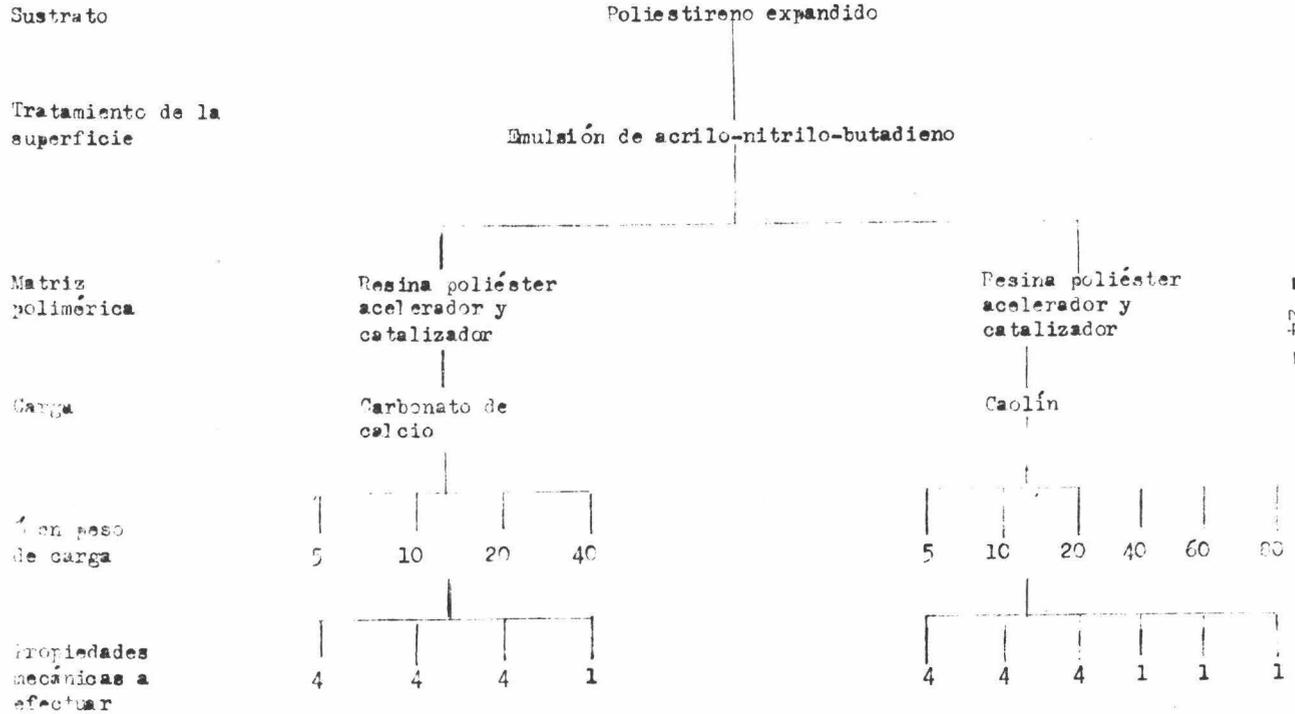
propiedades mecánicas a efectuar

4 4 4

4 4 4

1
10
1

ESQUEMA DE LA PROGRAMACION EXPERIMENTAL



han sido agregados todos los productos, se mezclan perfectamente éstos, dejando reposar 1 minuto. A intervalos de tiempo de aproximadamente 2 minutos se agita en forma lenta, observando si la mezcla a aumentado su viscosidad. En caso positivo las observaciones se efectúan con mayor frecuencia y hasta que la resina se encuentra en estado gelatinoso, es entonces cuando se determina la lectura del tiempo total de gelado.

4.2.3 Tiempo de curado.

Con la muestra anterior, determinado el tiempo de gelado, se introduce un termómetro convenientemente encerado y se van anotando los aumentos de temperatura que se vayan sucediendo cada 2 minutos, si es necesario se puede hacer cada minuto con el objeto de tener una mayor exactitud del experimento.

El tiempo de curado se determina en el momento en que la mezcla alcanza su máxima temperatura y se mantiene constante, ya que después tiende a disminuir.

4.2.4. Cuidados en la preparación de las probetas.

Se tuvo que tener mucho cuidado de que las probetas quedaran bien elaboradas para lo cual el molde debería estar limpio y recubierto con una película de agente desmoldante, en este caso alcohol polivinílico, para que llegado el momento del desmoldeo se pudiera hacer con facilidad.

También se tuvo mucho cuidado de evitar las burbujas de aire en la pieza, y algo muy importante es que la probeta no sufriera fracturas, las cuales hacen que las pruebas mecánicas no puedan llevarse a cabo con exactitud.

4.3 PRUEBAS MECANICAS Y FISICAS.-

4.3.1. Significado de las pruebas.

4.3.1.1. La resistencia a la tensión es una de las pruebas más importantes para indicar la resistencia de un material y es el máximo esfuerzo que el material puede resistir sin fracturarse.

4.3.1.2. La resistencia a la compresión de un material es calculada como los kilogramos por centímetro cuadrado requeridos para

provocar fallas en el espécimen.

4.3.1.3 La resistencia al impacto indica la energía requerida para romper un espécimen bajo condiciones estandar.

4.3.1.4 La dureza es la resistencia a la penetración la cual es función del nivel de polimerización, tipo de resinas y cargas.

4.3.1.5 Las pruebas de resistencia al intemperismo acelerado consisten en colocar las muestras en un intemperómetro el cual simula diferentes tipos de clima con sus diversas temperaturas. Una vez que las muestras han estado un suficiente número de horas en el intemperómetro se puede ver si existió decoloración, rotura, agrietamiento, desprendimiento o alguna otra falla de interés en el recubrimiento.

4.3.2 Métodos utilizados en las pruebas.

PRUEBA	METODO
Tensión	A.S.T.M. D-638-61T

PRUEBA	METODO
Compresión	A.S.T.M. D-695-63T
Impacto	A.S.T.M. D-256-56
Dureza	A.S.T.M. D-2583-67
Intemperismo acelerado	A.S.T.M. E-239-69T

5.- RESULTADOS

5.1 SELECCION DEL SISTEMA CATALIZADOR-ACELERADOR.-

Con el fin de obtener una selección adecuada fue necesario determinar las temperaturas y tiempos de gelado y curado procurando que éstos no fuesen muy --- grandes. De los experimentos efectuados (ver esquema de experimentación, página 19) se decidió tomar como sistema de catalizador-acelerador el que tiene 0.8 de catalizador con 0.3 de acelerador por ciento, ya que dieron una temperatura de gelado de 28°C y un tiempo de gelado de 15 min., la temperatura de curado fue de 180°C con un tiempo de curado de 50 min.

5.2 RESISTENCIA A LA TENSION.-

Las pruebas de resistencia a la tensión basándonos en las normas de A.S.T.M. D-638-61T, dieron la siguiente información:

Aserrín	675	Kg/cm ²
Carbonato de calcio	950	"
Caolín	815	"
Casc. de cacahuete	425	"

estos resultados también se pueden apreciar objetivamente en la gráfica No. 1.

5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION.-

Las pruebas de resistencia a la compresión basándonos en las normas de A.S.T.M. D-695-63T, dieron la siguiente información:

Aserrín	830	Kg/cm ²
Carbonato de calcio	750	"
Caolín	700	"
Casc. de cacahuete	650	"

estos resultados se pueden apreciar objetivamente en la gráfica No. 2.

En promedio se nota que en el caso de la compresión y de la tensión las tres últimas cifras disminuyen sus propiedades a medida que el porcentaje de carga se incrementa.

Estas pruebas fueron realizadas en la máquina universal de pruebas del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

5.4 RESISTENCIA AL IMPACTO.-

Las pruebas de resistencia al impacto guiándonos en la norma A.S.T.M. D-256-56, dieron los siguientes resultados:

Aserrín	0.0813	Kg-m
Carbonato de calcio	0.1581	"
Caolín	0.1067	"
Casc. de cacahuete	0.1154	"

La gráfica número 3 ilustra estos resultados objetivamente.

Esta prueba se llevó a cabo en el impactómetro del Centro de Investigación de Materiales de la U.N.A.M.

5.5 DUREZA BARCOL.-

De acuerdo con la norma A.S.T.M. D-2583-67 se obtuvo la siguiente información:

Aserrín	30
Carbonato de calcio	30
Caolín	40
Casc. de cacahuete	15

estos resultados se pueden ver en la gráfica No. 4.

Las pruebas de dureza barcol fueron hechas con un impresor barcol en la empresa REICHHOLD QUIMICA DE MEXICO, S.A.

5.6 VALORES COMPARATIVOS DE OTROS TIPOS DE MATERIALES.-

TABLA 1.-

MATERIAL	COMPRESION	TENSION	DUREZA
Tabique de cal y arena	120-140 Kg/cm ²	---	---
Adobe (barro sin cocer)	15 "	---	---
Tabique de barro prensado	200-1000 "	---	---
Tabique de barro recocido	20-100 "	---	---
Bloque de concreto:			
Ligero	25 "	---	---
Intermedio	35 "	---	---
Pesado	50 "	---	---
Lámina acanalada conteniendo fibra de vidrio en un 28 %	----- "	710 Kg/cm ²	40
Plástico reforza con colchoneta de fibra de vidrio	1183 Kg/cm ²	812 "	---

TABLA 2.-

MATERIAL	COMPRESION	TENSION
Maderas:		
Pino blanco 1a.	60 Kg/cm ²	65 Kg/cm ²
Pino chinola 1a.	80 "	85 "

MATERIAL		COMPRESION	TENSION
Pinabete	2a.	70 Kg/cm ²	75 Kg/cm ²
Encino	1a.	95 "	100 "
Encino	2a.	75 "	85 "

5.7 VALORES COMPARATIVOS DE INDICES DE COSTOS DE OTROS TIPOS DE MATERIALES.-

TABLA 3.- Base 1 m²

MATERIAL	COMPRESION	TENSION
Tabique de barro prensado	\$ 0.106 / Kg/cm ²	----
Aplanado de yeso	\$ 0.2 / "	----
Tirol	\$ 0.288 / "	----
Concreto	\$ 4.02/ "	----
Pino blanco 1a.	\$ 1 / "	\$ 0.923 / Kg/cm ²
Pinabete 2a.	\$ 0.785 / "	\$ 0.733 / "
Lámina de plástico reforzada con fibra de vidrio	\$ 0.109 / "	\$ 0.160 / "

5.8 INTEMPERISMO.-

Las pruebas de intemperismo acelerado se desarrollaron en el intemperómetro de la Escuela Nacional de Ar

quitectura de la U.N.A.M., dicho intemperómetro tiene una lámpara de Xe, con una potencia de 2,500 Watts, y con una longitud de onda de 2,500 a 3,100 mμ. A continuación se ilustran en una tabla los cambios relativos de tonalidad y apariencia obtenidos en dicha prueba.

5.9 BREVE ESTIMACION DE COSTOS DE MATERIA PRIMA.-

Cantidades usadas para un recubrimiento de 3 mm. de espesor para una superficie de 100 cm² para el caso del aserrín con 5 % en peso.

Aserrín	5 gr.
Resina poliéster	20 "
Acrilo-nitrilo-butadieno	2 "
Octoato de cobalto	0.3 "
Peróxido de metil-etil-cetona	0.8 "
Monómero de estireno	1.33 "
Monómero de metacrilato de metilo	0.888 gr.

30.31 gr.

Estimación de gramos por metro cuadrado utilizados.

$$\frac{30.31 \text{ gr.}}{1000 \text{ cm}^2} \times \frac{10,000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 3,031 \frac{\text{gr.}}{\text{m}^2}$$

TABLA 4.-

CAMBIOS RELATIVOS DE TOMALIDAD Y APARIENCIA
EN LA PRUEBA DE INTemperismo ACCELERADO.

EXPOSICION	POLIESTER / ASERRIN			POLIESTER / CASC. CACA. H.			POLIESTER / CAOLIN			POLIESTER / CARR. CAL.			ORIGINAL		
	C	A	D	C	A	D	C	A	D	C	A	D	C	A	D
<u>5 %</u>															
0 hrs.	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1		
100 "	1.2	-	-	1.2	-	-	1.05	-	-	-	-	-	1.1		
200 "	1.2	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1		
300 "	1.3	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1		
400 "	1.3	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1		
500 "	1.3	-	-	1.2	-	-	manchas		10	-	manchas	20	1.1		
<u>10 %</u>															
0 hrs.	1	-	-	1	-	-			si 1	-					
100 "	1.1	-	-	1.1	-	-	1		si 1	-					
200 "	1.1	-	-	1.1	-	-	1		si 1	-					
300 "	1.2	-	-	1.1	-	-	1		si 1	-					
400 "	1.2	-	-	1.1	-	-	1		si 1	-					
500 "	1.2	-	-	1.1	-	-	1		20	-	manchas	30			
<u>20 %</u>															
0 hrs.	1	-	-	1	-	-	1		si 2						

TABLA 4 (continuación

100 hrs.	1	-	-	1	-	-	1	si 2
200 "	1.05	-	-	1	-	-	1	si 2
300 "	1.05	-	-	1	-	-	1	si 2
400 "	1.05	-	-	1	-	-	1	si 2
500 "	1.05	-	-	1	-	-	1	20 - manchas 30
<hr/>								
<u>40 %</u>								
500 "							manchas 1 30	
<hr/>								
<u>60 %</u>								
500 "							manchas 3 60	
<hr/>								
<u>80 %</u>								
500 "							manchas 4 80	
<hr/>								

ABREVIATURAS: C - color
A - agrietamiento
D - desprendimiento

Esta última cantidad convertida a kilogramos por metro cuadrado y multiplicada por el costo del material por cada kilogramo (ver gráficas Nos. 8 y 9) nos da el costo unitario del recubrimiento (ver gráfica No. 10)

$$3.031 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^2} \quad \frac{\$ 16.1}{\text{Kg}} = \$ 48.79 / \text{m}^2$$

Para obtener los índices de costos por lo que respecta al aserrín se hizo lo siguiente:

Compresión.-

5 %

$$\frac{\$ 16.1/\text{kg}}{808.83 \text{ Kg/cm}^2} = \$ 0.0199 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

10 %

$$\frac{\$ 15.3/\text{Kg}}{848.74 \text{ Kg/cm}^2} = \$ 0.0180 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

20 %

$$\frac{\$ 13.5/\text{Kg}}{835.88 \text{ Kg/cm}^2} = \$ 0.016 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

Tensión.-

5 %

$$\frac{\$ 16.1/\text{Kg}}{826.35 \text{ Kg/cm}^2} = \$ 0.0194 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

10 %

$$\frac{\$ 15.3/\text{Kg}}{635.48 \text{ Kg/cm}^2} = \$ 0.024 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

20 %

$$\frac{\$ 13.5/\text{Kg}}{571.73 \text{ kg/cm}^2} = \$ 0.023 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

Impacto.-

5 %

$$\frac{\$ 16.1/\text{Kg}}{18.9 \text{ Kg-cm}^2} = \$ 0.851 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

10 %

$$\frac{\$ 15.3/\text{Kg}}{42.525 \text{ Kg-cm}^2} = \$ 0.359 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

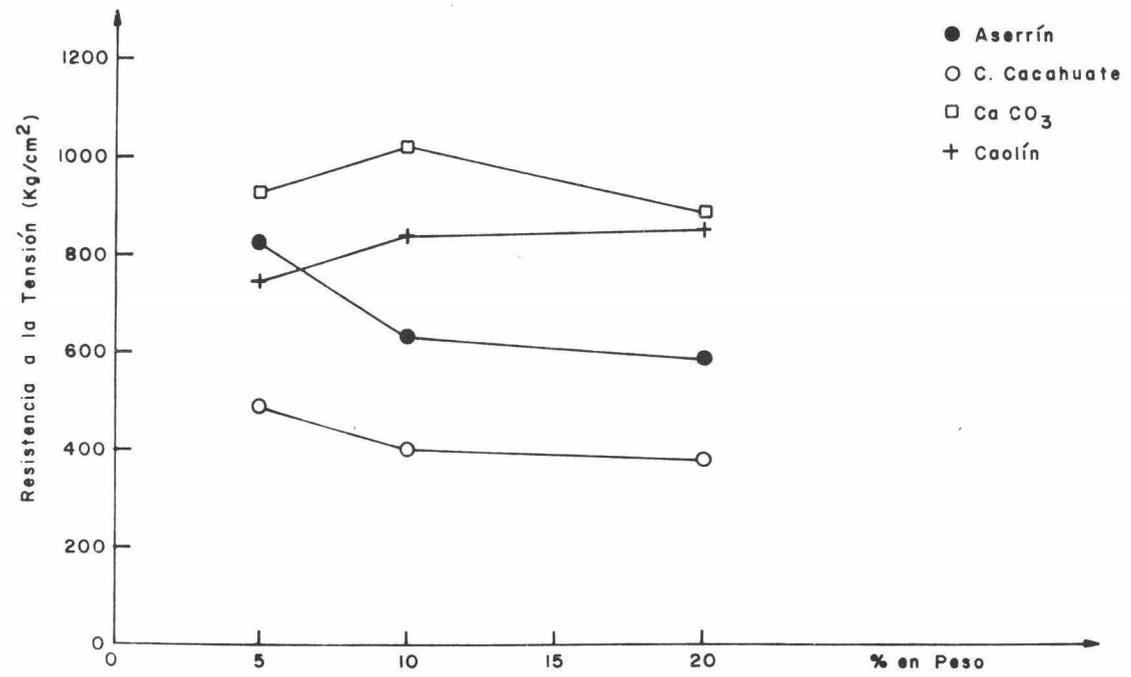
20 %

$$\frac{\$ 13.5/\text{Kg}}{52.5 \text{ Kg-cm}^2} = \$ 0.257 / \text{Kg-cm}^2 \text{ por Kg. de mat.}$$

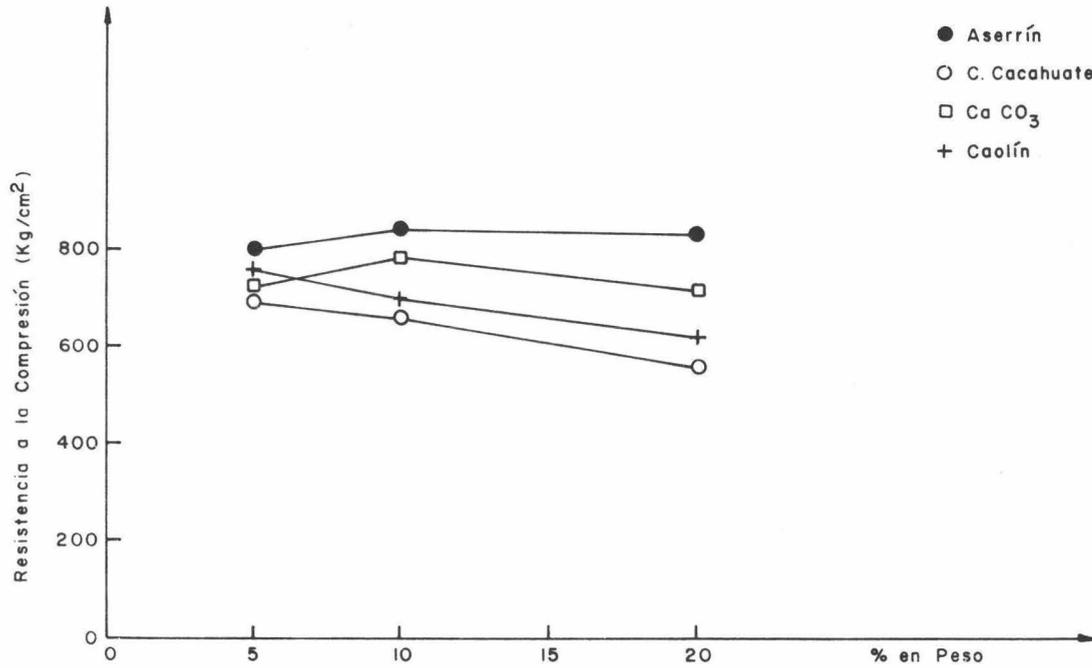
Estos resultados pueden verse objetivamente en las gráficas Nos. 5,6 y 7.

Este mismo procedimiento de cálculo se siguió para los demás excedentes usados.

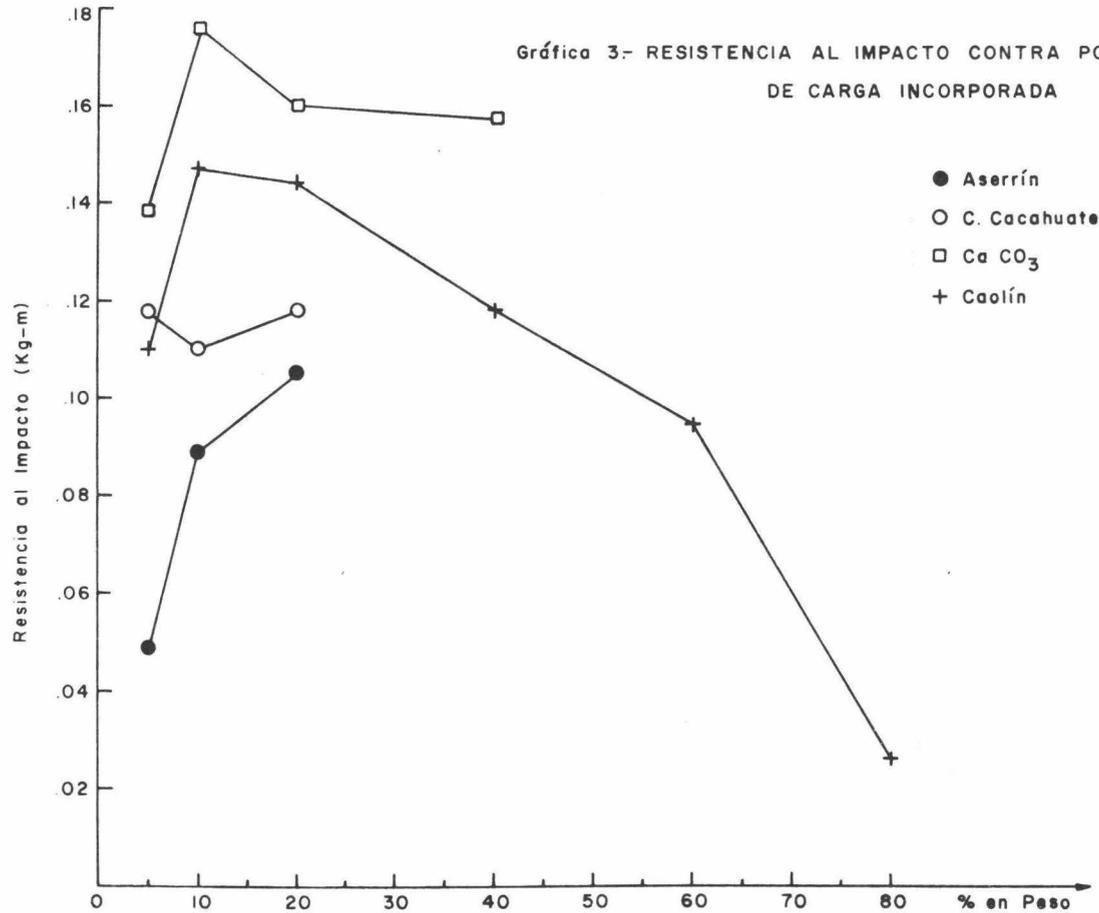
Gráfica 1- RESISTENCIA A TENSION CONTRA PORCIENTO DE CARGA INCORPORADA



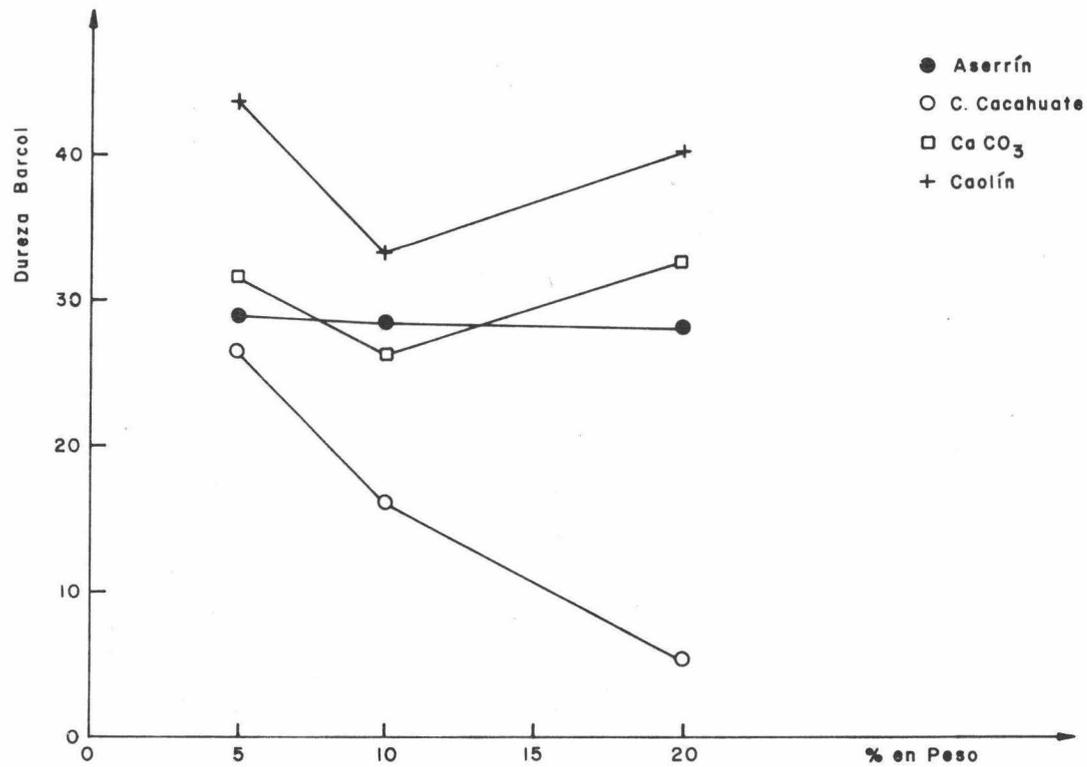
Gráfica 2- RESISTENCIA A COMPRESION CONTRA PORCIENTO DE
CARGA INCORPORADA



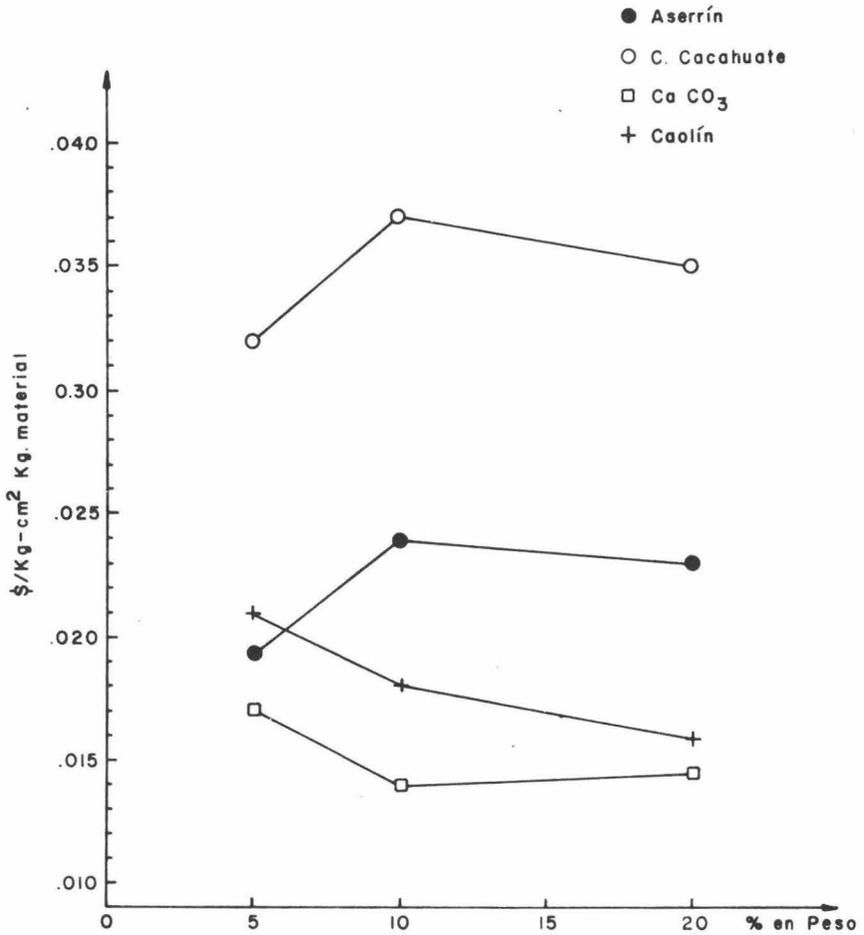
Gráfica 3- RESISTENCIA AL IMPACTO CONTRA PORCIENTO DE CARGA INCORPORADA



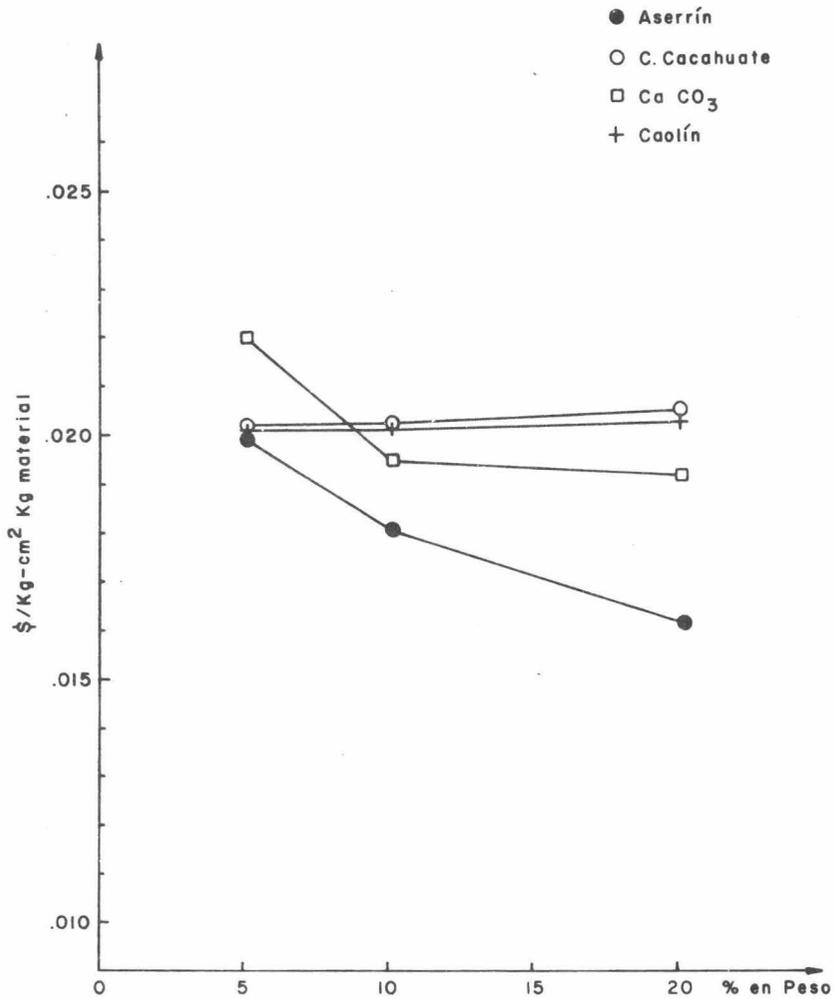
Gráfica 4:- DUREZA



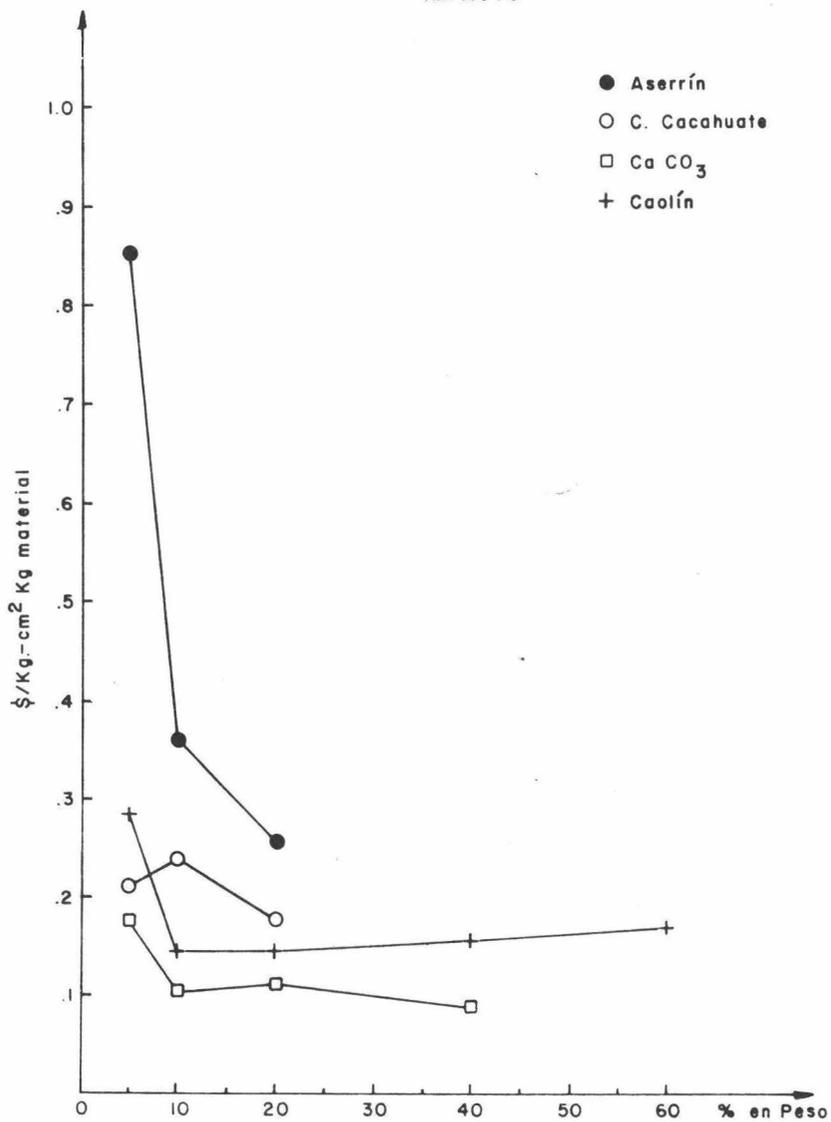
Gráfica 5.- INDICES DE COSTOS PARA RESISTENCIA A TENSION



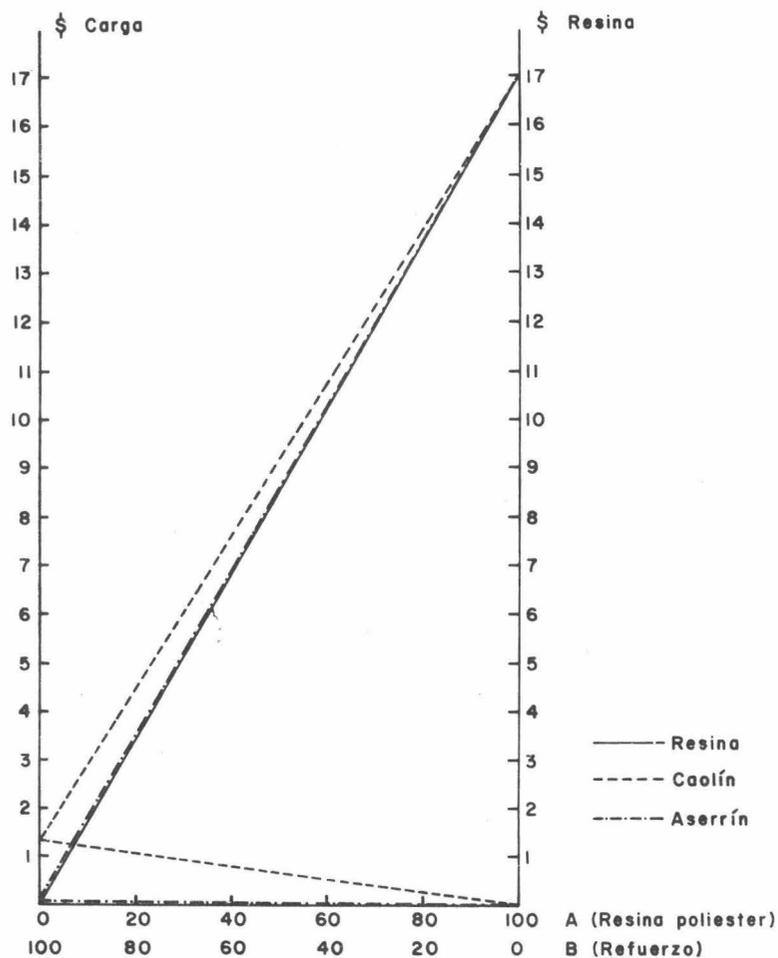
Gráfica 6- INDICES DE COSTOS PARA RESISTENCIA A COMPRESION



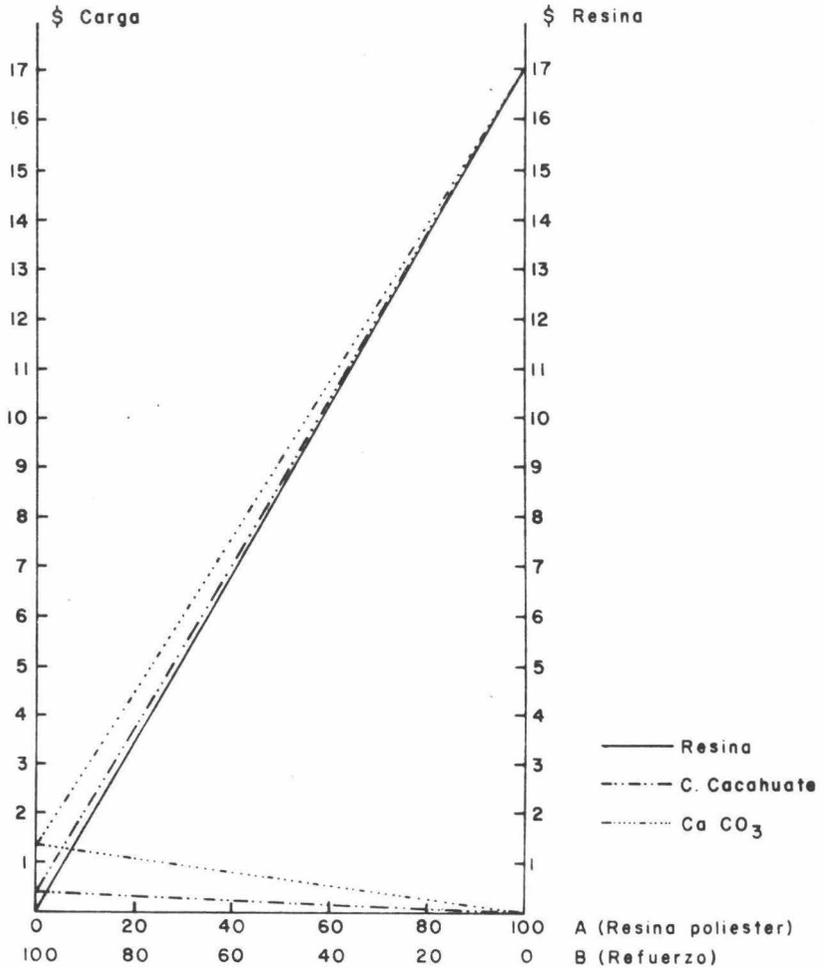
Gráfica 7- INDICES DE COSTOS PARA RESISTENCIA A IMPACTO



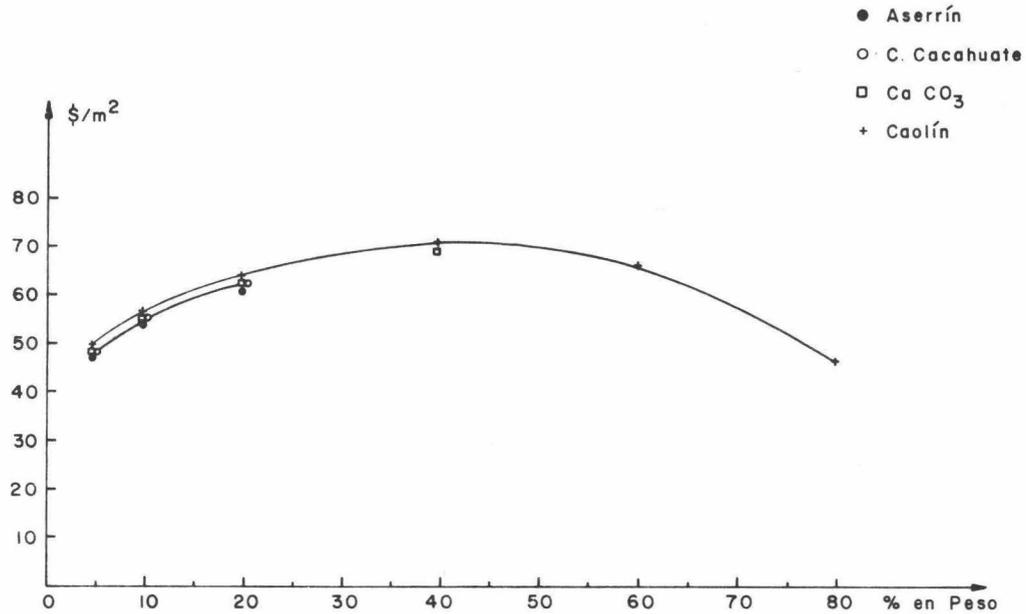
Gráfica 8- COSTO DEL MATERIAL POR Kg



Gráfica 9- COSTO DEL MATERIAL POR Kg



Gráfica 10.- COSTO UNITARIO DEL RECUBRIMIENTO (base: 3mm. de espesor)



6.- CONCLUSIONES

6.1 ELABORACION DE MATERIALES PARA RECUBRIR EL POLIESTIRENO EXPANDIDO.-

Se encontraron varios materiales que cumplieron con demasía los requisitos mínimos de tipo mecánico propuestos.

Los materiales se pueden considerar apropiados para recubrir el poliestireno expandido, es decir, le dan un aspecto agradable y son aceptables dentro del ramo de acondicionamiento y construcción.

6.2 INCORPORACION DE DESECHOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES.-

El hecho de haber incorporado desechos agrícolas e industriales reviste una gran importancia porque con esto se pudieron dar un nuevo uso a algunos excedentes agrícolas e industriales y así lograr que las cargas de este tipo disminuyan la necesidad de incorporar algunos agentes de refuerzo considerados como clásicos con el consecuente abatimiento en el costo, figurando estos últimos de origen extranjero, sin que por ello la calidad y las propiedades de los materiales en el intervalo experimental desarrollado dejaran de cumplir con los objetivos propuestos.

6.3 EVALUACION DE PROPIEDADES MECANICAS.-

De los materiales diseñados todos cumplieron con los requisitos mínimos de resistencia a la tensión, compresión, impacto, dureza, intemperismo acelerado e índices de costos, con sus diferentes niveles de concentración-agente de refuerzo.

Luego entonces se puede decir que los materiales desarrollados tienen excelentes propiedades mecánicas con diversos tipos de carga y en sus diferentes niveles de concentración, siendo en orden descendiente de material en propiedades en promedio los siguientes: carbonato de calcio, aserrín, caolín, y cáscara de cacahuate.

6.4 INDICES ECONOMICOS PRELIMINARES.-

El aspecto económico en comparación con los desarrollados comercialmente resultó menor, esto dá una idea de que los excedentes agrícolas e industriales contribuyen para que el precio se vea reducido en un 40 % y a la vez para que se sigan desarrollando nuevos recubrimientos a base de dichos excedentes.

6.5 COMPARACION DE PROPIEDADES.-

Resulta satisfactorio comprobar que los materiales desarrollados rebasan fácilmente las propiedades de los mate-

riales que son usados comercialmente en un 40 % .

6.6 APLICACION.-

Debido a las limitaciones en implementos para la aplicación de esta clase de recubrimientos, se puede establecer en base a la experiencia del presente estudio, que la técnica que se presta para una aplicación más satisfactoria del material es mediante el uso de espátulas, lo cual como un requisito mínimo puede ser de interés pues con ello se hace obvio el uso de equipo más sofisticado, sin embargo queda abierto el campo para poder efectuar una mayor implementación de técnicas modernas, que puedan disminuir el tiempo necesario para efectuar este tipo de trabajos.

6.7 PROYECCIONES AL FUTURO.-

Una vez que la técnica llegue a perfeccionarse y se cuente con mejores implementos de trabajo, estos recubrimientos podrán usarse en una amplia gama de industrias proyectándose desde luego como la principal la industria de la construcción, pudiéndose aplicar en un mayor espectro de materiales convencionales.

Es también menester ir a la búsqueda de nuevos excedentes para que con ellos se puedan elaborar nuevos y mejores recubrimientos que cumplan inclusive con otras pruebas de interés general.

7.- BIBLIOGRAFIA

- 7.1 G.C. Ives, J.A. Mead, M.M. Riley.
Handbook of Plastics Test Methods.
Plastics Institute, London. 1971.
- 7.2 Herbert Simonds y James Church.
Plásticos. Formulación y moldeo.
Primera edición. 1964.
- 7.3 Ing. Felipe Parrilla C.
Resinas Poliéster, Plásticos Reforzados.
Segunda edición. 1973.
- 7.4 Morris Kaufman.
Giant Molecules.
Aldus Science and Technology Series. 1968
- 7.5 G. R. Palin
Plastics For Engineers.
Pergamon Press. 1967.
- 7.6 Charles Winding and Gordon D. Hiatt.
Polimerio Materials.

Mc. Graw Hill Book Company. 1961.

7.7 D. Margerison and G.C.East.

Introduction to Polymer Chemistry.

Pergamon Press. 1967.

7.8 P.D. Ritchie.

Plasticisers, Stabilisers and Fillers.

Publiches for the Plastics Institute. 1972.

7.9 Apuntes de Mecánica de Materiales.

Facultad de Ingeniería.

U.N.A.M. 1970.

7.10 John V. Schmitz.

Testing of Polymers. Vol. 2.

Interscience Publishers. 1966.

7.11 Modern Plastics Encyclopedia. 1971-1972.

Pags. 565-566.

7.12 1969 Book of A.S.T.M. Standards.

Part. 26-27.

Published by The American Society for Testing and Ma

terials.

7.13 David J. Williams.

Polymer Science and Engineering.

Prentice - Hall, Inc. 1971.

7.14 Ralph H. Sonneborn, Albert G. Dietz and Alton S.

Heyser.

Fiberglas Reinforced Plastics.

Reinhold Publishing Corporation. 1954.