

2016



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**“LA NORMALIZACION DE LOS PRODUCTOS DE  
PLASTICO REFORZADO EN MEXICO”**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO QUIMICO**

p r e s e n t a

**ALFONSO JOSE DIAZ UBEDA**

Directora de Tesis: I.Q. Margarita Castillo Agreda



## **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 está 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.

## INDICE.

### CAPITULO I.

#### INTRODUCCION.

- El plástico reforzado	1
- Componentes del plástico reforzado	5
a) Fibra de Vidrio	
b) Resina Poliéster	
c) Otros	

### CAPITULO II.

#### PROPIEDADES DEL PLASTICO REFORZADO EN LA INDUSTRIA Y SUS VARIANTES.

- El plástico reforzado como material de Ingeniería	32
- Propiedades del plástico reforzado	39
- Ventajas del plástico reforzado en comparación con los materiales convencionales	50

### CAPITULO III.

#### PROCESOS DE MOLDEO DEL PLASTICO REFORZADO

- Moldeo Manual	57
- Moldeo por Aspersión	58
- Moldeo por Embobinado de Filamentos	60
- Moldeo por Pultrusión	63
- Moldeo por Prensado en Caliente con las siguientes alimentaciones: SMC y BMC	65
- Moldeo por RTM. (Inyección de resina)	70

### CAPITULO IV.

#### LA NORMALIZACION. GENERALIDADES Y SU JUSTIFICACION

- Conceptos fundamentales	72
---------------------------	----

- La normalización y el desarrollo industrial	76
- Ubicación de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) dentro del contexto de la normalización	79
- Clasificación de las normas en cuanto a sus requerimientos de uso	81
- Ventajas de la Normalización	85
- La normalización Internacional	88

#### CAPITULO V.

##### LA NORMALIZACION DEL PLASTICO REFORZADO EN MEXICO

- Avances logrados en México respecto a la <u>norma</u> lización del plástico reforzado	93
- Actividades actuales	94
- Tipos de problemas que se encuentran al hacer la normalización	95
- Ejemplo de preparación de una norma	99

#### CAPITULO VI.

CONCLUSIONES	103
--------------	-----

#### CAPITULO VII.

BIBLIOGRAFIA	106
--------------	-----

## CAPITULO I.

### INTRODUCCION.

EL PLASTICO REFORZADO.- Hablar de los plásticos reforzados, es entrar en el campo de los materiales híbridos, donde dos o más elementos se unen con el fin de aprovechar las mejores características de cada uno, eliminando algunas de sus limitaciones.

Entre éstos materiales híbridos tenemos por ejemplo las aleaciones, donde la adición de determinados materiales mejora las características del elemento básico. En ésta forma, el acero común se convierte en acero inoxidable, que posee características mejoradas frente a la corrosión. Este principio se está utilizando actualmente en las aleaciones plásticas, que son combinaciones de diferentes tipos de resinas poliméricas. La finalidad aquí es también lograr productos de mejores características.

Es usual entre los materiales híbridos, la combinación de un elemento débil con otro que posee la necesaria resistencia mecánica, con el fin de que ésta resistencia del elemento que llamaremos de refuerzo, se transmita al otro. El caso más conocido es el del concreto, material con excelente resistencia a la compresión pero que no soporta esfuerzos de tensión. De ahí nace una excelente resistencia a la tensión, la comunica al híbrido que conocemos como hormigón armado.

En la industria del plástico, los materiales híbridos surgen cuando se agrega a los polímeros, agentes modi-

ficadores y cargas con el fin de mejorar algunas de sus propiedades o de abatir costos. Uno de los efectos que se busca al hacer estas combinaciones, es el mejorar las propiedades mecánicas de la resina base.

Los primeros elementos reforzantes en el renglón de las resinas termofijas los constituyen las telas de algodón y las hojas de papel de fibra celulósica que combinados con resina fenólica, dan origen mediante prensado de alta presión a los laminados que a la fecha conocemos con los nombres especiales de Briomica, Fórmica, Celorón y Micarta.

Estos laminados deben sus excelentes características de resistencia mecánica al respaldo del polímero de fenol-formaldehido, y su resistencia química y a la temperatura a su acabado de resina de melamina-formaldehido, todo esto reforzado con los laminados de papel y telas de algodón.

Los materiales textiles sintéticos han encontrado un excelente campo de aplicación en el reforzado de plásticos laminados. Tenemos el caso de películas de policloruro de vinilo reforzadas con mallas de hilos de nylon ó el de teflón laminado, cuyas propiedades mecánicas se incrementan dramáticamente empleando una malla de hilos de fibra de vidrio como refuerzo integrado.

La fibra de vidrio es uno de los refuerzos más versátiles en el mercado, ya que se emplea para incrementar la resistencia mecánica no solo de matrices plásticas, sino también del papel, el yeso, el concreto y el hule.

Podemos citar aplicaciones no plásticas tales como:

- Papel engomado
- Cinta celulósica adhesiva
- Yeso
- Concreto y Mortero
- Hule
- Velo de fibra de vidrio
- Discos abrasivos

La fibra de virio en si, es un material textil, adecuado para fabricar:

- Trajes de protección contra fuego
- Cortinas incombustibles
- Tapicería
- Relleno incombustible para colchones
- Telas industriales para uso eléctrico
- Material de filtración de líquidos y gases
- Aislamiento termoacústico
- Fibras conductoras de luz (telecomunicaciones)

En cuanto al productor de artículos plásticos, éste tiene a su disponibilidad una serie de elementos reforzantes para incorporarles a la matriz polimérica:

- Cargas de partículas amorfas.
- Escamas de mica o de vidrio.
- Esferas huecas y sólidas de silicato, vidrio o plástico.
- Fibras orgánicas y fibras de asbesto o de vidrio.
- Microcristales.

El tipo de esfuerzos a que se verán sometidos los artículos plásticos determinará cual de los elementos reforzantes será el empleado.

La combinación de dos o más tipos de refuerzo de los citados está dando origen a productos que podemos llamar sin lugar a dudas SUPERPLASTICOS, de características tales que igualan y aún superan a las de los metales.

Los componentes de refuerzo pueden adicionarse prácticamente a todos los tipos de termoplásticos y termofijos en el mercado. Con ello se mejoran las características mecánicas no solo de los plásticos de alto volumen de utilización, como el polietileno, sino que se superan las ya altas propiedades de los llamados plásticos de ingeniería, tales como el policarbonato, el nylon o los poliésteres termoplásticos. El refuerzo que presenta a la fecha el mejor balance costo/desempeño es la fibra de vidrio continua.

Estos hilos continuos están formados por haces de 200 ó más microfilamentos de elevada resistencia mecánica, debido a su alta relación longitud/diámetro que se traduce en una gran área expuesta. Al haber una gran área de contacto entre el refuerzo y la matriz plástica existe una adecuada transmisión de los esfuerzos de la matriz al refuerzo.

No basta con tener una elevada superficie de contacto entre el polímero y el refuerzo, es necesario además tener un tratamiento especial en la superficie, que establezca una amplia compatibilidad entre la matriz y



el producto que toma los esfuerzos. Esto es con el fin de evitar que los monofilamentos se destruyan entre sí debido a la fricción, logra unir a los monofilamentos y formar una hebra, evita la unión de hebras contiguas, facilita las subsecuentes operaciones en la hebra (Torcido, Cortado, etc.).

Así el plástico reforzado más común es aquel que se integra con la combinación de resina poliéster insaturada termofija y fibra de vidrio. En ocasiones el poliéster se ve sustituido por la resina epóxica de mejores propiedades pero de precio también mayor.

#### COMPONENTES DEL PLASTICO REFORZADO.-

a) FIBRA DE VIDRIO.- Las características del vidrio de formas hebras o hilos es conocida desde que el vidrio fué descubierto. Pero no es sino hasta la era industrial que se busca producir éstas fibras en forma mecanizada, pues ya se le daban diferentes usos: mechas de quinqué, telas para vestido, pero las fibras presentaban todavía muchos inconvenientes y es en el presente siglo donde se desarrolla plenamente. Los alemanes durante la guerra de 1914, privados del asbesto por el bloqueo aliado, desarrollan la fibra para aislamiento térmico, el período entre las dos guerras marca la aparición de los velos empleados en los separadores de las baterías eléctricas, en vísperas de la segunda guerra mundial, se comercializa la fibra aislante, la que también se empieza a usar como medio de filtración de aire finalmente, surge la fibra continua y con ella el plástico reforzado, que conoce el apogeo al acabar ésta última guerra mundial.

Son dos las clases de fibra de vidrio que se producen en el mundo: la fibra corta y la fibra continua. Para el caso de los plásticos reforzados, el material que más se usa es del tipo de fibra continua. Para los procesos de fabricación de los plásticos reforzados, ésta fibra podrá cortarse o aún molerse; sin embargo, se seguirá considerando como continua por su origen y así se diferenciará de la que es, desde su primera obtención, un material discontinuo.

La fibra continua para refuerzo se produce a partir de mezclas de materiales de minerales naturales como la arena y otros. Estos ingredientes deben contener aquellos elementos metálicos que señale la fórmula escogida y que vendrán a constituir el vidrio, bajo la forma de óxidos. Estos materiales se funden en un horno y el vidrio resultante chorrea hasta unos platos perforados, por lo general de platino-rodio.

El vidrio que pasa por las perforaciones, es violentamente estirado a través de ellas, constituyendo un haz de monofilamentos sumamente finos. El tiraje lo da una embovinadora de alta velocidad, que va formando carretes o bobinas con el haz o un grupo de filamentos, lo que constituye un hilo simple, o cabo. Al pasar hacia la embovinadora los monofilamentos recién formados reciben un baño de un material orgánico que se conoce como apresto. Este apresto le confiere al hilo las características textiles que permiten llevar a cabo con él todas las operaciones de éste tipo, como son el torcido, el doblado (combinado de dos o más hilos entre sí), o el tejido. Además el apresto le confiere (en grado variable según sea el tipo) la facilidad de cortarse mediante el empleo de cuchillas u otros elementos.

La fibra de vidrio para uso textil y de refuerzo tenía en los años 30 una constitución química similar a la del vidrio plano. A éste material se le conoció como del tipo A y presentaba el defecto de absorber demasiada humedad y efectuar las características dieléctricas de los laminados plásticos, es por eso que se desarrolló el llamado tipo eléctrico al que se le asignó la letra E; actualmente es el material más empleado para producir fibra reforzante. Su índice de refracción es bastante similar al de la resina poliéster, por lo que semidesaparece en el seno de ésta, es decir, forma un compuesto homogéneo.

Más tarde vino el lanzamiento al mercado del tipo C, que posee una mayor resistencia hacia determinados agentes químicos y que juega un papel muy importante en la fabricación de equipos de manejo de productos corrosivos, tales como: acumuladores eléctricos.

Posteriormente, se han preparado otras variedades de vidrio, como son el S, de muy alta resistencia a la tensión y el K o AR, que no es afectado por los alcálisis del concreto y que por ende puede utilizarse en el refuerzo de éste material, sustituyendo al acero en forma parcial o hasta en su totalidad. En la tabla 1 se muestran estos diferentes tipos de vidrio para fabricación de fibras, sus ventajas y limitaciones, así como su uso más característico. La tabla 2 nos da la composición típica de éstos vidrios: el A, el C y el E.

TABLA 1  
 DIFERENTES TIPOS DE VIDRIO EMPLEADO EN LA OBTENCION  
 DE MATERIALES FIBROSOS

TIPO DE VIDRIO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS MAS CARACTERISTICOS
A	Económico	Contenido alcalino muy alto, que se traduce en apreciable absorción de humedad.	Fabricación de velos empleados en impermeabilizaciones o como acabado de superficie de artículos plásticos no sujetos a corrosión importante.
C	Alta resistencia química a una amplia gama de agentes químicos.	Costo alto.	Velos para acabado superficial en plásticos sujetos a corrosión importante. Hilos para tejidos expuestos directamente a medios corrosivos (acumuladores eléctricos).
E	Excelentes propiedades eléctricas. Buena resistencia química. Muy buenas propiedades mecánicas. Índice de *5.		Es el vidrio más empleado en todo el mundo para fabricar fibra usada indistintamente para aplicaciones textiles de refuerzo.
K (AR)	Alta resistencia a sustancias alcalinas.		Refuerzo de materiales cementicios como morteros y concreto.
S	Extraordinaria resistencia a la tensión.	Costo alto.	Fabricación de partes plásticas que requieran tener una resistencia mecánica mucho más alta que la que les puede proporcionar el vidrio E.

Referencia (1).

TABLA 2  
 VIDRIOS PARA FIBRA  
 COMPOSICION TIPICA (%)

OXIDO	TIPO A (Similar a vidrio ven tana)	TIPO C	TIPO E
SiO <sub>2</sub>	72.5	60	52.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5	5	14.4
CaO MgO	12.5	18	21.8
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		7	10.5
Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	13.5	10	0.8
TOTAL	100	100	100

\* Estos porcentajes incluyen el contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que varía de uno a otro vidrio.  
 El vidrio E sólo contiene trazas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Referencia (1)

Como se dijo anteriormente, el apresto que es aplicado en pequeñas cantidades a los monofilamentos en el momento de su fabricación, es una combinación de sustancias orgánicas cuya finalidad básica es darle por una parte manejabilidad y por otra hacerla compatible con los materiales que va a reforzar. Si la fibra se destina simplemente a un uso textil como es por ejemplo: el de fabricar cortinas, se requerirá de un apresto de formulación más sencilla, que cuando la fibra va a combinarse con otros materiales reforzándolos.

En el caso de refuerzo de plásticos, estos agentes de acoplamiento constituyen un verdadero puente de unión entre el vidrio y la resina. Dicha unión sin embargo es mucha más fuerte en el caso de los termofijos, que con los termoplásticos. Esta unión es la que según se mencionaba, permite que se transmitan los esfuerzos de la matriz al refuerzo. Los requerimientos de manejabilidad van siendo diferentes de acuerdo con o la manera como la fibra habrá de utilizarse. De ahí que se empleen diferentes formulaciones de apresto para conseguir las características adecuadas para cada caso. Las propiedades que confiere el tipo de apresto, a los monofilamentos reforzados, son entre otras:

Resistencia a la abrasión y al despeluzamiento.

Integridad.

Dureza.

Facilidad de separación cuando se corta.

Comportamiento al enrollado y al desenrollado

Comportamiento al torcido.

Comportamiento al doblado o tejido.

A menudo algunas propiedades al aumentar, van en detrimento de otras por lo que no es posible obtener valores óptimos para todas y lo que se busca son soluciones adecuadas donde se consigan aquellas que se desean sin gran disminución de las otras.

El apresto es una combinación de sustancias o agentes químicos pudiendo ser:

- .- Agente de adhesión.- Policloruro de vinilo o similar. Sirve para unir los monofilamentos entre sí para que formen hilos.
- .- Agente de protección.- Lubricantes orgánicos que protegen a las fibras de la abrasión e inter-abrasión (desgaste de las mismas fibras al rozar unas con otras).
- .- Agentes de acoplamiento.- Sustancias similares a los silicones (silanos, cromo-silanos, etc.) que permiten la unión entre la fibra y la resina a la que va a reforzar.
- .- Agente modificador.- Materiales que modifican la acidez o alcalinidad del conjunto y con ello le dan la estabilidad necesaria, evitando su descomposición antes de poder utilizarlos.
- .- Agua desionizada (sin sales).- Puede ser el vehículo del conjunto de ingredientes que forman el apresto. Además se utiliza aspersada durante la formación de los monofilamentos para enfriar, lubricar, dar flexibilidad y evitar el polvo. Esta agua después se evapora ya que el hilo base del carrete de formación se coloca en una estufa de secado.

## PROCESOS TERMINALES DE LA FIBRA DE VIDRIO.

La fibra de vidrio del carrete de formación es un hilo continuo de un solo cabo que debe transformarse para darle su presentación final. Estas operaciones terminales pueden consistir en:

- 1.- Re-embobinado, que puede incluir torcido o aún doblado (combinación de dos o más hilos entre sí).
- 2.- Agrupamiento de varios hilos en forma paralela con solo un ligero torcido del conjunto (mecha o roving).
- 3.- Tejido a base de mechas: roving tejido llamado petatillo.
- 4.- Cortado de la fibra a una longitud determinada (hilo cortado llamado filamento textil cortado FTC.)
- 5.- Cortado de la fibra a una longitud determinada, normalmente en segmentos de 5cms. de longitud, disponiéndolos de forma multiorientada y aglutinandolos entre sí (fieltro o colchoneta).

b) RESINA POLIESTER. La gran ventaja del polieter, es el equilibrio entre sus propiedades mecánicas, químicas, eléctricas, estabilidad dimensional, bajo costo y facilidad de manejo. Existen en México diversos tipos de poliester disponibles.

El poliester debe su gran versatilidad a una relación amplia de materias primas y disponibilidad de procesos, que satisfacen las características deseadas del producto.

Cuando la resina, monómero y endurecedor son mezclados, dá principio una reacción química, en la cual se forma la resina termofija que es un sólido. Cuando las resinas



termofijas han sido completamente curadas, tienen mejor resistencia a la temperatura, que la mayoría de las resinas termoplásticas. El tiempo que tarda esta reacción de endurecimiento o curado, depende de la formulación empleada así como la temperatura a la que se trabaje (a mayor temperatura mayor rapidez).

La presión no es una condición necesaria para el curado, sin embargo, tiene efecto sobre otros factores tales como el acabado superficial, densidad y otras consideraciones del proceso. El curado se efectúa en dos fases diferentes. La primera es la formación de una masa gelatinosa (gelado), e inmediatamente después esta masa gelatinosa cura (endurece) habiendo un desarrollo considerable de calor, el cual debe ser debidamente controlado. El curado completo es obtenido con muy baja liberación de materiales volátiles, siempre y cuando la reacción sea controlada adecuadamente. A esta última característica junto con las bajas presiones requeridas puede atribuirse la simplicidad de moldeo de los plásticos reforzados con fibra de vidrio.

#### 1.- Clasificación de Resinas Poliester de acuerdo a su uso:

- a) Usos generales.- Estos poliesters son los más comunes y se formulan para trabajos de moldeo general, usándose el método de fabricación manual y se encuentran en un amplio rango de viscosidades de acuerdo a las necesidades del cliente (200 a 4000 centipoises). Se venden de baja, media y alta reactividad.

- b) Resistentes al calor.- Los poliesters ordinarios soportarán temperaturas cercanas a 150°C continuamente. Para resistencia alta al calor, se usa Cianurato de Trialilo en lugar de estireno, y puede dar resistencia al calor hasta 250°C por un periodo limitado. Estas resinas pueden ser de alta reactividad. La viscosidad oscila entre 200 a - 4000 cps.
- c) Químico-resistentes.- Este tipo de resinas han sido formuladas de manera especial, tales como las que se basan en un poliester bisfenólico, tienen mejor resistencia química a la corrosión que los poliesters de uso general. Las resinas bisfenólicas se suministran como líquidos de 500 a 1000 cps, o bien como sólidos que deben diluirse con otro peso igual del monómero al utilizarlas. Otras resinas resistentes a la corrosión son las cloréndicas, las isoftálicas, las de vinil ester, todas ellas de tipo poliester, y la resina epóxica.
- d) Estables a la luz.- Esta resina se formula para la manufactura de laminados transparentes, de manera de que estos laminados no se pongan amarillos con el tiempo. Esta propiedad también se puede conferir a la resina de usos generales, agregándole un aditivo especial para estabilización a la luz (absorbedores de rayos ultravioleta). Se suministran de 150 a 300 cps.
- e) Resistentes a la flama.- Las resinas autoextinguibles arderán en presencia de una flama pero se extinguirán removiendo la fuente de ignición. Las

propiedades autoextinguibles se obtienen usualmente por el uso de compuestos clorados en la formulación de la resina. Viscosidad de 1000 a 3000 cps. Un grado menor se denomina retardante y es la que continúa ardiendo cuando se quita la fuente de ignición, pero arde más lentamente que una resina común.

- f) Resinas flexibles.- Este tipo es esencialmente una resina modificada y se diseña específicamente para mezclarse con poliéster de usos generales para dar flexibilidad y resistencia al impacto. Su viscosidad es entre 200 a 1000 cps.
- g) Resinas Tixotrópicas.- Son aquellas que gracias a un agente tixotrópico escurren menos en superficies verticales. Las resinas para aspersión con pistola son a la vez preaceleradas y tixotrópicas.
- h) Resina Isoftálica.- Los poliésteres base isoftálica muestran características mejoradas de moldeabilidad en aplicaciones en caliente y en frío, debido a la tendencia de impregnarse mejor al refuerzo de fibra de vidrio, tienen buena resistencia a productos químicos, detergentes y buena retención de propiedades en condiciones húmedas.

### TIPOS DE RESINA POLIESTER

TABLA #3

#### POLIESTER

#### CARACTERISTICAS

#### APLICACIONES

Poliéster.

Flexible semi-rígido.

Piezas rígidas.

Buena resistencia al impacto, alta resistencia a la flexión, bajo módulo de rigidez.

Macetas, muebles, cajas, etc. Amortización de vibraciones, cubiertas y protección de máquinas, encapsulado de piezas electrónicas, masillas plaster, carrocerías, barcos, etc.

Resistencia a la intemperie y estabilidad a la luz.

Resiste a la intemperie y al deterioro por acción de los rayos ultravioleta.

Páneles estructurales, claraboyas.

Resistencia al ataque de químicos.

Poseen la mayor resistencia química del grupo poliéster, excelente resistencia a los ácidos y a los alcalis.

Aplicaciones anticorrosivas, tales como tubos, tanques, ductos, etc.

Auto extingüibles.

No propagan la llama. Lo hacen lentamente.

Páneles para construcción (interior), componentes eléctricos. Tanques de combustibles.

Alto punto de distorsión térmica.

Trabajan hasta 260°C.

Piezas para aviones.

Resistentes al calor. Baja exotermia.

Rapidéz de curado, piezas fácil desmolde. Laminados gruesos y sin burbujas, baja cantidad de calor desarrollado en el curado.

Containers, bandejas, cargas. Encapsulado de componentes electrónicos, piezas eléctricas. Masilla de moldeo.

De tiempo de gelado  
largo.

Uniforme y sin burbujas, largo tiempo para fluir en el molde antes gelado.

Piezas grandes y complejas.

De secado total al  
aire.

En temperatura ambiente cura sin que  
dar pegajosa.

Piscinas, barcos, tanque.

Tixotrópico.

Resiste al escurrimiento cuando son  
aplicadas en superficies verticales.

Barcos, piscinas, recubrimientos  
de tanques, etc.

## 2.- Presentación.

El poliéster que se encuentra en el mercado en forma de líquido viscoso, es una solución de poliéster lineal en monómero de estireno; tales resinas generalmente contienen un inhibidor, el cual previene la polimerización prematura; para endurecerla se agrega, un peróxido catalítico, el cual supera la inhibición y se efectúa la polimerización en dos fases: gelado y endurecido.

Para que el endurecedor actúe uniendo químicamente a la resina con el monómero en la que va disuelta, se requiere de temperaturas por arriba de los 80°C Como ésto no resulta práctico en muchos casos, se recurre a activar el endurecedor con una sustancia llamada acelerador o promotor.

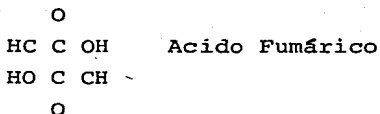
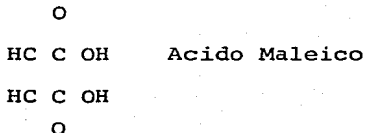
Las resinas llamadas preaceleradas ya contienen este acelerador y su vida de almacenaje es corta (un mes o poco más). Las emplean sobretodo las empresas que moldean por el sistema de aspersión. Las resinas de uso general tienen tres meses de vida o más. Ver tabla tres para características y aplicaciones de los diferentes tipos de resinas poliéster.

## 3.- Constituyentes de la resina poliéster insaturada.

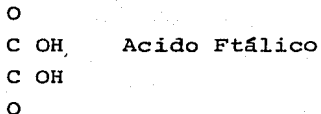
La resina poliéster base es un polímero lineal sólido formado por la reacción de sus constituyentes entre sí, y eliminación de agua (reacción de condensación). Esta reacción es un cocimiento a temperaturas cercanas a los 220°C por periodos de digamos ocho horas hasta alcanzar la viscosidad y el número ácido

requerido. Los ingredientes de un poliéster insaturado son:

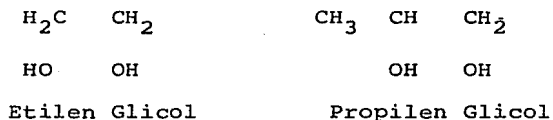
- a) Un ácido o anhídrido dibásico insaturado, normalmente el ácido maleico o su isómero el ácido fumárico.



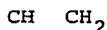
- b) Un ácido o anhídrido cíclico saturado (sin dobles uniones o ligaduras susceptibles de intervenir en enlaces cruzados con el estireno), normalmente el ortoftálico, y entre otros: el ácido isoftálico, el ácido tetracloroftálico, el ácido cloréndico, el ácido ftálico.



c) Un polialcohol o glicol como el etilen o propilenglicol.



Una vez formado el polímero lineal se descarga del reactor y al enfriarse forma escamas sólidas. Sin embargo lo usual es recibir la descarga del reactor en monómero de estireno en el que se disuelve la resina.



El monómero de estireno juega un importantísimo papel en la industria del plástico reforzado ya que se usa como disolvente de la resina poliéster que es un sólido.

El poliéster disuelto en el estireno constituye la resina líquida viscosa más empleada para la fabricación de plásticos reforzados con fibra de vidrio.

Normalmente el fabricante de resina entrega ésta en estado líquido, es decir; es una solución de la resina sólida en cierta cantidad de estireno que reaccionará en forma total con la resina. Cuando el estireno está en exceso, la cantidad de resina que debe de reaccionar con él se agota y entonces simplemente el estireno reaccionará con el mismo para formar el poliestireno, un plástico en general con características mecánicas inferiores al poliéster. Existe una tendencia entre los usuarios de resinas polies-



tericas de emplear más monómero de estireno que el correcto, por dos razones, la primera es la económica, ya que por su menor precio abarata el material y lo hace rendir más. La segunda razón de emplear el monómero en exceso es porque baja la viscosidad de la mezcla y hace que la impregnación de la fibra se haga más rápidamente y con mayor facilidad.

Los efectos que se tienen al agregarle más estireno a la resina que ya lo contiene son:

- 1) Decrecimiento de la viscosidad.
- 2) El tiempo de gelado se acorta (excepto si se usa dime-til anilina como acelerador y peróxido de benzoilo como endurecedor).
- 3) La temperatura de distorsión del producto final se va asemejando a la del poliestireno (aumentando o dismiuyendo con respecto a lo normal, que es el contenido estequiométrico de monómero, ésto según el tipo de poliester.
- 4) La resistencia a la corrosión sobre todo a los ácidos aumenta
- 5) El encogimiento aumenta en forma lineal desde valores de 3% - 4% de encogimiento para la resina con cero de estireno hasta el 14% que es la contracción de un material a base de 100% de estireno.
- 6) El índice de refracción aumenta.
- 7) El material se hace más quebradizo.
- 8) Otras propiedades mecánicas no se ven afectadas por el contenido de estireno. Sin embargo el amarilla - miento se acentúa con un mayor contenido de estireno.

El estireno es el disolvente y agente de enlace más em-leadado con el poliester debido a su bajo costo y a su ma

yor reactividad, empleado en la proporción adecuada, permite obtener poliesters termofijos de buena rigidez y transparencia. Sin embargo, existen otros productos que pueden usarse en casos especiales:

- Vinil Tolueno.
- Ftalato de Dialilo.
- Metil Metacrilato.
- Cianurato de Trialilo.

El poliester insaturado en contacto con el monómero de estireno tiende a ir reaccionando poco a poco con éste. Por ello una resina líquida sin inhibidores que impidan esta reacción espontánea, no puede durar mucho almacenada, sin que empiece a endurecer y ya no podrá utilizarse.

Para conservar la resina en condiciones de poderse emplear el fabricante le agrega un inhibidor como la hidroquinona que impide que el poliester se combine con el monómero de estireno hasta que no se agrega el sistema acelerador/endurecedor. Sin embargo aún con inhibidor la duración del poliester en almacenamiento no es indefinida. Los inhibidores tienen otra función poco conocida, la de regular o retrasar el gelado y endurecido cuando así se desea.

Una de las propiedades más importantes en las resinas es su EXOTERMIA y AUTOACELERACION: En la primera fase del curado, mientras la resina gela, el aumento de temperatura es muy ligero, y al ocurrir el gelado de la reacción se dispara, esto es, se genera una gran cantidad de calor y la temperatura aumenta hasta llegar a un punto máximo para que entonces esa generación de calor cese y la temperatura empiece a descender. El tiempo que se

tardó la resina en alcanzar esa temperatura depende de varios factores:

- 1.- De la naturaleza misma de la resina. Las resinas conocidas como más reactivas alcanzan más pronto el punto máximo y éste tiende a ser más alto. Estas resinas pueden presentar más encogimiento y distorsión que las de reactividad media o baja. Por ello las resinas poco reactivas se llaman de baja exotermia.
- 2.- De la cantidad de catalizador y acelerador empleados: a mayor cantidad, el punto pico se alcanzará más rápidamente y será más alto, aunque cantidades excesivas de acelerador retrasen la reacción en vez de acelerarla.
- 3.- Del volúmen por unidad de área de la masa de reacción: mientras que un laminado muy delgado cura muy lentamente, otro de mayor espesor tiene problemas para disipar el calor generado y al acumularse éste provoca la llamada autoaceleración, activación de la reacción.
- 4.- De la temperatura del ambiente: el frío inhibe la reacción y el calor la activa, la humedad por su parte la inhibe, lo mismo que el agua. Debe tomarse en cuenta que una reacción muy rápida y de alta exotermia no necesariamente resulta un reticulado óptimo, una reacción mas controlada en cambio permite un mayor ordenamiento molecular y el laminado queda mejor curado.
- 5.- Otros ingredientes que influyen el tiempo de gelado y curado son los pigmentos y las cargas. Algunas influyen acortando y otras alargando dichos tiempos.

Tambien se tiene la influencia del aire y de las pérdidas de estireno como se explica en los siguientes dos puntos.

- .- Acción inhibidora del aire: Resinas protegidas de la acción del aire. El aire inhibe la reacción impidiendo una perfecta polimerización en las superficies de las piezas, las zonas en contacto con el molde y en general todo el volumen que no queda expuesto al aire gela y endurece sin problemas, mientras que la superficie que quedó expuesta está pegajosa, para evitarse esto puede pedirse al proveedor de la resina una formulación especial que contenga cera que protege la superficie del aire.
- .- Eliminación de los excedentes de estireno: La resina poliéster endurece por reacción con su solvente y no por la evaporación del mismo como en el caso de las pinturas. Sin embargo hay ciertas pérdidas del monómero con la consiguiente contaminación ambiental. Debe procurarse que la pérdida del monómero durante la reacción no sea excesiva ya que podría haber una falta de este componente y por lo tanto que la formulación se altere y el polímero no quede correctamente constituido, esto se provoca por demasiado calentamiento externo y excesiva evaporación en la etapa de endurecido. Pasado el punto de máxima exotermia, el calentamiento ayuda a sacar los excedentes de estireno, aunque polimeriza entre si formando poliestireno. En el caso de equipos que estarán en contacto con ciertos productos químicos y en especial con alimentos y otros productos para consumo humano como son los farmacéuticos, los laminados deben de estar completamente libres de excedentes de monómero, para

ello se recurre a tratamientos térmicos posteriores a la polimerización o al empleo inclusive de sople-teado directo con vapor de agua. Además la resina y todos sus componentes deben de estar aprobados y su uso autorizado por la Secretaría de Salubridad.

c) OTROS.

1.- Platiesmalte.- Es un acabado integral para piezas de plástico reforzado fabricados por cualquiera de los siguientes procesos:

- Moldeo Manual.
- Moldeo por Aspersión.
- Transferencia de Resina (RTM)
- Moldeo en Frío.

El plastiesmalte no es más que una resina poliéster modificada con los siguientes ingredientes:

- Resina poliéster de base, de preferencia de tipo isoftálico.
- Resina flexible orto o isoftálica.
- Pigmento.
- Agente tixotrópico, normalmente sílice (Cabosil, Aerosil o similares) en un 2% en peso.
- Acelerador de cobalto.

Por lo tanto el plastiesmalte es generalmente una resina preacelerada. El secreto de un buen plastiesmalte está en la molienda y perfecta dispersión del pigmento en el seno de la resina. Puede ser el acabado aparente de la

pieza o bien una base para aplicar sobre él una pintura. Hay diferentes tipos de plastiesmaltes, entre los cuales podemos citar los siguientes:

- Uso marino (embarcaciones)
- De resistencia a la corrosión.
- De resistencia a la interperie.
- Tipo sanitario.
- Para molde.
- Mejorado ante el rayado y la abrasión.
- Uso general (interiores).

El plastiesmalte de primera calidad no debe contener más carga que el agente tixotrópico que evita que escurra en superficies verticales y que como se indicó solo va en un 2% en peso.

Las cargas contra fuego se agregan al plastiesmalte cuando éste debe presentar las características de ser auto - extingible.

2.- Cargas.- El plástico reforzado es un material de Ingeniería, constituido por dos componentes básicos, matriz plástica y fibra de vidrio, y además de algunos componentes como catalizadores, aceleradores, aborbedores de rayos ultravioleta, retardantes al fuego, pigmentos, cargas, etc., de los cuales cada uno tiene una determinada función técnica.

Originalmente las cargas eran materiales inertes que servían en una función precisa de sustituir uno de los ingredientes básicos (generalmente la matriz plástica), por razones puramente económicas; posteriormente con el desarrollo tecnológico de la industria, las cargas pasaron a ganar posición de mayor prominencia como material

accesorio que tiene un objetivo tanto económico como técnico.

Los motivos técnicos que justifican el empleo de cargas inertes en un plástico reforzado son:

- a) Disminución de la exotermia en la reacción de resina/monómero al curar.
- b) Disminución del encogimiento del material en el curado.
- c) Mayor módulo de flexión (mayor rigidez).
- d) Mejor resistencia a la abrasión.
- e) Obtención de algunas propiedades particulares (retardantes al fuego, coloración, tixotropía, etc.)

Existen algunas aplicaciones en que el empleo de las cargas no es recomendable, debido a la disminución de la resistencia a la tracción (por ejemplo, en tuberías cilíndricas sometidas a presión interna).

En éste caso la adición de cargas unicamente volvería la estructura más pesada. Tampoco se recomienda el empleo de cargas para los recubrimientos de estructuras sometidas al ataque de materiales corrosivos, debido a la disminución de la resistencia a la ruptura bajo tensión del recubrimiento con lo que aumentan las posibilidades del surgimiento de fallas superficiales y con ello pueden tenerse filtraciones.

Las microesferas sintéticas de diámetros controlados han sido utilizadas en la industria del plástico reforzado como cargas. (1,2)

Estas microesferas pueden ser sólidas o huecas y pueden aplicarse a diversos materiales tales como: resinas fenólicas, ureas, melamina o poliéster. Las microesferas huecas poseen baja densidad y son empleadas principalmente para cambiar las estructuras rígidas a ligeras. Cuando son mezcladas en grandes proporciones con la resina, estas microesferas huecas forman una masa de baja densidad aplicable con espátula conocida como espuma sintáctica.

Los agentes tixotrópicos son otro tipo de cargas, primeramente la tixotropía es una atracción mutua entre las partículas minerales constituidas por cargas, que puede ser roto durante la agitación mecánica del sistema. Esta disminución de fuerza es temporal y se manifiesta durante la agitación, siendo restablecida inmediatamente después de cesada la misma. Se dice que una resina tiene buena tixotropía si posee alta viscosidad cuando se encuentra en reposo (antes o después de la agitación mecánica), pudiendo ser aplicada en paredes verticales sin escurrimiento, pero durante el período en que es sometido a agitación la viscosidad es rápidamente disminuida facilitando la operación de pulverización (proceso de aspersión y el moldeo manual de las fibras de vidrio).

Las cargas que confieren estas propiedades son muy importantes en la industria de los plásticos reforzados. La eficiencia de una determinada concentración de un agente tixotrópico se determina por el índice tixotrópico, obtenido mediante la relación de viscosidades de un sistema en alta y baja agitación, empleado para este fin un viscosímetro Brookfield.



INDICE TIXOTROPICO=  $\frac{\text{Viscosidad a baja velocidad}}{\text{Viscosidad a alta velocidad}}$

En general los valores de índice tixotrópico varían entre 5 y 6. Recordamos una vez más que las resinas tixotrópicas presentan alta viscosidad cuando se encuentran en reposo (por lo tanto no escurren) y baja viscosidad cuando son agitadas (por lo tanto facilitan la aplicación).

Otro de los aspectos más importantes en la evaluación global del desempeño de las estructuras de fibra de vidrio, es el que se refiere a su capacidad de autoextinguibilidad y a la no propagación de la flama. Las resinas poliéster en general, no son altamente combustibles y presentan un gran desarrollo a la flama.

En general es recomendable usar estructuras de plástico reforzado con fibra de vidrio a temperaturas inferiores a los 100°C, pues ocurre un rápido decrecimiento en las propiedades mecánicas del material a temperaturas superiores. El material se va haciendo cada vez más flexible, hasta alcanzar su punto de ignición, es entonces cuando se comienza a quemar y a fundir.

Para que la llama cese es necesario suprimir el calor continuo (en general proveniente de la propia flama), el combustible (en nuestro caso la resina poliéster) y el oxígeno. Por lo tanto, una forma de retardar el avance del fuego es aislar el material combustible del oxígeno atmosférico, agragando a la formulación de la resina algunas cargas, que generen una cortina gaseosa, ahogando el fuego precisamente por falta de oxígeno.

Los pigmentos orgánicos son otro tipo de carga, éstos-

utilizados para la coloración de piezas de poliéster reforzado con fibra de vidrio; en general poseen mayor brillo y mayor poder de coloración que los inorgánicos, pero no son recomendables para aplicaciones exteriores debido a su relativa inestabilidad a los rayos ultravioleta.

Los pigmentos son normalmente adicionados empleando un medio de transporte para facilitar su mezclado con la resina, algunas veces los pigmentos son mezclados directamente a la resina sin presentar problemas, además existen aquéllos que presentan mayor poder de aglomeración y que requieren del uso de molinos de tres rodillos para una buena dispersión.

3.- Separadores.- Los agentes separadores o agentes desmoldantes permiten separar las piezas de poliéster de sus moldes a los que de otra forma quedarían adheridos. Los moldes o los modelos deben de recubrirse del material desmoldante. Solamente el hule silicon, la plastilina y algún otro material no se pegan en el poliéster. Los desmoldantes son de dos tipos: Los externos que se aplican a los moldes y los internos que forman parte de la formulación de la resina.

Los desmoldantes externos están constituidos generalmente por la combinación de los materiales que se aplican en forma sucesiva: cera primero y después un producto químico llamado alcohol polivinílico, que es un líquido que al secar deja una película como celofán, perfectamente conformada a la superficie del molde.

Los desmoldantes internos se emplean sobre todo en operaciones de moldeo de prensa de alta temperatura y presión

en donde se utilizan moldes metálicos pulidos. El producto más empleado es el estearato de zinc, material que se agrega a la resina antes de efectuar el prensado.

4.- Acelerador o promotor.- El acelerador es un activador del endurecedor (catalizador), el cual normalmente no actuaría más que a temperaturas por arriba de los 80°C. En otras palabras, en los procesos de prensado caliente, por ejemplo, donde el conjunto fibra-resina es calentado a temperaturas por arriba de los citados 80°m sólo es necesario que la resina contenga catalizador, generalmente peróxido de benzoilo sin necesidad de acelerador, ya que el catalizador es activado o disparado por la misma temperatura. En el moldeo común a temperatura ambiente, como en el moldeo manual, necesitamos forzosamente del acelerador a fin de que haga que el endurecedor actúe y provoque el enlace de las cadenas del poliéster entre sí mediante los puentes de estireno, fenómeno llamado polimerización, curado o endurecido. El acelerador más usual es una sal metálica de cobalto o de manganeso entre otros, por lo general naftenato de cobalto o el octoato de cobalto.

Uno de los efectos que ocurren utilizando un exceso de acelerador, es que la resina en vez de activarse se inhibe con lo que el tiempo gelado en vez de disminuir aumenta.

5.- Endurecedores.- (Catalizadores o iniciadores). Son sustancias químicas muy activas que se descomponen con cierta facilidad y mucha violencia (fuego o explosión) por lo que hay que trabajar con ellos con cierta seguri

dad e higiene para evitar accidentes.

Existe una gran variedad de endurecedores para lograr tiempos de gelado (corto o largo) y de endurecido primero y final. Varios endurecedores pueden activarse también con temperatura (80° ó más) y por la acción de radiación ultravioleta en vez de emplear los aceleradores.

Una vez activado, el endurecedor, como ya se cita en otros párrafos, produce la unión del poliéster con el monómero de estireno y el conjunto da origen a un polímero sólido.

Recuérdese que la resina primeramente se vuelve gelatinosa (gelado) y a continuación empieza a calentarse y a endurecer. Cuando alcanza la temperatura exotérmica máxima se dice que alcanza también su nivel de endurecimiento primero. Este endurecido o curado no termina ahí, sino que el plástico sigue endureciendo todavía más en forma paulatina como le sucede al concreto, y al igual que éste, alcanza su curado completo después de unos días.

Si se aplica calor se puede lograr un mejor curado que el que se obtiene a temperatura ambiente. El calentamiento se llevará a cabo para llegar al gelado más rápidamente.

Una propiedad característica de los endurecedores, es el contenido de oxígeno activo, el cual es especificado por el fabricante, ésto puede verificarse en el laboratorio, siendo una medida de la actividad del endurecedor.

## CAPITULO II.

### PROPIEDADES DEL PLASTICO REFORZADO Y SUS VARIANTES.

EL PLASTICO REFORZADO COMO MATERIAL DE INGENIERIA.- A los materiales de ingeniería normalmente empleados: piedra, concreto armado, fierro, madera, aleaciones especiales, aluminio, ha venido a sumarse otro, al que llamaremos plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Un material de ingeniería, debe ante todo poseer resistencia mecánica. Numéricamente esto se expresa en términos de resistencia a las cargas de tensión, compresión, flexión, etc., valores que deben ser conocidos y no variar fuera de ciertos límites para cada material en particular. Un material confiable será entonces aquel en que puedan mantenerse esos valores constantes de un lote a otro.

Los plásticos comunes tienen una resistencia mecánica más bien baja, por lo que no se usan en aplicaciones como elementos estructurales primarios o secundarios, estarían sujetos a trabajar bajo cargas o esfuerzos de cierta cuantía, pero podrán emplearse los plásticos en estas aplicaciones cuando se refuercen con elementos que les den mayores resistencias. El refuerzo más comúnmente usado es la fibra de vidrio.

A los materiales de ingeniería, los podemos dividir en simples, como el acero o el aluminio, o compuestos, como el caso del concreto armado o del plástico reforzado. Así pues, se recurre a la similitud de decir que

la fibra de vidrio refuerza resina como la varilla al concreto. Sin embargo, debe hacerse notar que mientras en el hormigón armado las varillas están solo en ciertas partes y son una menor proporción del volumen total, en el plástico reforzado, la fibra de vidrio es tá repartida en toda la pieza y ocupa una parte mayor del volumen de la misma. En el hormigón, la varilla actúa sobre todo resistiendo la tensión, mientras que el concreto trabaja mayormente a compresión. En el plástico reforzado los dos componentes, fibra y resina están íntimamente unidos formando en la práctica un ma terial que se comporta como si fuera homogéneo o simple.

Al igual que el acero, el híbrido poliéster-fibra de vidrio, sigue la ley de Hooke dentro de su propio límite de proporcionalidad, pues en ese rango la relación entre esfuerzo y deformación, siendo constante, queda expresada por una línea recta. Dentro de este límite elástico, el plástico reforzado recuperará sus dimensiones originales una vez que cese la carga que las altera.

Además del comportamiento elástico y de las buenas características mecánicas, el plástico reforzado como material de construcción ofrece las siguientes ventajas adicionales:

- Gran libertad de diseño. No hay limitación de formas.
- Ligereza. Alta resistencia específica.
- Buena resistencia química y a la intemperie.
- Propiedades eléctricas interesantes.

- Buena estabilidad dimensional frente a cambios de temperatura y posibilidad de utilización por arriba y por abajo del rango considerado normal de 20 a 25° C.
- Mayor rigidez que la de los plásticos sin refuerzo.
- Apariencia agradable.

El diseñador seleccionará el material o combinación de materiales que cumple mejor los requerimientos de una determinada aplicación. Así optará por el hierro o el concreto armado, por el acero inoxidable o por un plástico. Dentro de los plásticos tendrá una amplia variedad a su disposición: desde un termoplástico como el polietileno o el policarbonato, hasta un termofijo como el poliéster o la resina epóxica. Cuando se desea mejorar las características de un plástico cualquiera, aumentando su resistencia a la temperatura, su estabilidad dimensional, su rigidez u otras propiedades mecánicas, se recurre normalmente a reforzarlo con fibra de vidrio.

La fibra de vidrio es el material comercial que ofrece la más alta relación entre resistencia y peso. Sus características inherentes a todo producto de vidrio actúan favorablemente en el seno de las resinas.

Las resinas plásticas por su parte, dan al compuesto sobre todo su resistencia a la corrosión y a la intemperie, colaboran a alcanzar las propiedades dieléctricas requeridas y constituyen la vista o superficie exterior de la pieza. Se dice que la resina, material blando o líquido al momento de la fabricación de la parte del plástico reforzado, forma la matriz del elemento binario en donde quedan como disueltas las fi-

bras de refuerzo.

Como ya se dijo, el plástico reforzado constituye un material compuesto por la íntima unión entre el plástico (usualmente poliéster) y fibra de vidrio. Esto se alcanza gracias a dos mecanismos: el primero, de adherencia fibra-resina gracias a los aprestos que contiene la primera y que sirven de enlace entre el vidrio y el plástico. El segundo, es un efecto friccionante entre fibra y resina provocado por el encogimiento de la resina al endurecer. La suma de ambos mecanismos en condiciones ideales igualarían las fuerzas de cohesión que actúan en el seno de la resina cuando ésta no tiene el refuerzo de vidrio.

En el plástico reforzado existen una serie de posibilidades de tener variaciones en las propiedades mecánicas y de otra índole. Es indispensable conocer cuáles son los factores que hacen que el plástico reforzado tenga una gama de características extensísimas en comparación con los materiales convencionales, como el acero o el concreto armado.

Para el acero, por ejemplo, se tiene normalmente un solo tipo para vigueta, un solo tipo para varilla, etc. Los valores para el diseño de éstos elementos serán por lo tanto siempre los mismos.

Con la fibra de vidrio en cambio hay varios tipos en donde escoger uno, o bien combinar varios. Algunas de estas variables son:

a) Tipos de fibra de vidrio.- Se escogen de acuerdo a



su costo, orientación requerida del refuerzo, la resistencia que debe tener el laminado y el tipo de proceso de fabricación que el mismo demande.

b) Influencia del proceso de fabricación.- Como ya se dijo, con un mayor contenido de vidrio, mejores son las propiedades del plástico reforzado. Así pues, aquellos procesos que dirigen la fibra en el laminado, sobre todo en una sola dirección, permitirán tener niveles de refuerzo más altos y por ende mayor resistencia. Entre éstos procesos podemos citar el embobinado de filamentos y la extrusión con tiraje forzado. Con un mismo refuerzo, el contenido de éste cambia si la pieza se fabrica por prensado que si se hace por el sistema sencillo de molde manual por contacto. La presión, es el factor que dicho contenido de fibra de vidrio sea más alto en el molde con prensa.

Los valores de resistencia en función del tipo de proceso y del contenido de fibra de vidrio aparecen en libros y catálogos sobre éstos materiales.

c) Papel del espesor en la resistencia.- A veces la resistencia puede variar en función del espesor, sobre todo si se trabaja con cierto tipo de fibra de vidrio. Previendo esto, el estandar del Departamento de Comercio Americano PS 15-69 señala los valores mínimos que deben tener dichas resistencias según el espesor del laminado cuando éste se fabrica por el sistema de contacto.

d) Influencia de la resina.- Como el plástico reforzado se utiliza mecánicamente de forma que la fibra

sea el elemento que controla, se pueden alcanzar mayores resistencias con el empleo de resinas que permitan contenido más alto de vidrio. Esta es la razón por la que un material epóxico con refuerzo unidireccional tiene mayor resistencia que otro de poliéster por ejemplo, en el primero el nivel de vidrio es mayor. La resistencia mecánica de la resina también influye y es mayor en las epóxicas que en las del tipo poliéster.

Ahora se mencionan los posibles factores que pueden actuar sobre la resistencia del plástico reforzado.

1.- Acción de la intemperie y de los agentes químicos. El plástico reforzado puede tener un comportamiento excelente frente al medio, siempre y cuando la resina se seleccione adecuadamente para cada caso en particular.

2.- Efecto de la humedad y de la inmersión.- El plástico reforzado en general presenta muy baja absorción de humedad, de ahí que se utilice en aplicaciones eléctricas y electrónicas en sustitución de otros materiales que pierden con el tiempo sus propiedades precisamente por tener una gran absorción. En general puede decirse que la humedad no afecta mayormente a un laminado de buena calidad.

3.- Influencia de la temperatura.- Al contrario de los plásticos ordinarios, las propiedades del plástico reforzado mejoran a bajas temperaturas como por ejemplo en el punto de congelación (0° C). Esta cualidad se aprovecha para construir edificios de plástico reforzado de fibra de vidrio en regiones árticas.

La fibra de vidrio permite emplear los plásticos reforzados a temperaturas por arriba de las ambientales (20 -25° C). Sin embargo, deben usarse factores de seguridad mayores: (4)

TEMPERATURA °C			FACTOR SEGURIDAD	ESFUERZO PERMISIBLE
24	a	28	4.0	352 Kg/cm <sup>2</sup>
38	a	52	5.0	281 Kg/cm <sup>2</sup>
52	a	60	6.0	232 Kg/cm <sup>2</sup>
60	a	79	7.0	204 Kg/cm <sup>2</sup>
79	a	93	8.0	176 Kg/cm <sup>2</sup>

4.- Fatiga.- El comportamiento del plástico reforzado con fibra de vidrio a esfuerzos cambiantes y repetitivos depende de la magnitud de estos esfuerzos y del ciclo. La ruptura sucede al alcanzarse una determinada temperatura la cual depende del tipo de laminado y de la magnitud del esfuerzo. A diferencia de los metales, la fatiga no es acumulable en el plástico reforzado, por lo que podrá haber un número indefinido de periodos de vibración siempre y cuando no se alcance la temperatura de falla.

Las dos grandes limitaciones del plástico reforzado en construcción, son su combustibilidad y su poca rigidez, se procurará siempre estructurar el laminado dándole formas adecuadas o se reforzará con elementos auxiliares, evitandose siempre el aumentar innecesariamente el espesor pues se sacrificará la gran ventaja de su ligereza.

El grado de combustibilidad depende del contenido de

fibra de vidrio, de la carga y de la naturaleza de la resina. Esta puede modificarse para hacerla retardante o autoextinguible, pueden agragársele compuestos que cumplan igual cometido. Los requerimientos de resistencia pueden ser muy severos de acuerdo al uso que tendrá el laminado. Por otra parte, las fallas aparecen pronto en el plástico reforzado de mala calidad, al actuar sobre él los esfuerzos, la intemperie, la corosión, la inmersión en agua, la temperatura o la fatiga, ésto siempre se deberá al mal diseño, selección equivocada de resina, uso impropio del refuerzo o defectos de fabricación. Los procesos mecanizados permiten fabricar partes de plástico reforzado de calidad más homogénea que los sistemas manuales y por tanto tienden a reducir los problemas arriba mencionados.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS DEL PLASTICO REFORZADO Y DE QUE DEPENDEN.- Durante el desarrollo de éste trabajo, se han mencionado muy superficialmente las propiedades del plástico reforzado, sin embargo si se analizan detenidamente las estructuras químicas de las resinas, podría deducirse el uso específico a que deberá ser destinada cada una de ellas, así mismo, es posible explicar el comportamiento mecánico de cada tipo de refuerto.

Aún cuando cada uno de los componentes básicos del plástico reforzado imparten sus propiedades específicas al producto terminado, las propiedades mecánicas de éste, son función directa tanto de la composición de la resina como del tipo y porcentaje de fibra de vidrio que lo integran.

Las propiedades mecánicas del plástico reforzado se ven afectadas directamente por las siguientes variables:

- Tipo de resina
- Tipo de refuerzo
- Relación de refuerzo y resina
- Porcentaje de monómero agragado
- Porcentaje de carga
- Espesor de laminado

La variación de las propiedades mecánicas del material al variar los porcentajes tanto de fibra de vidrio como de carga incluidos en la composición del mismo, es factor importante en la determinación del costo del producto, por lo tanto, es interesante conocer esa variación con el objeto de determinar las propiedades óptimas que deben incluirse en el material. Podemos dividir a los factores que alteran las propiedades del plástico reforzado en tres grupos; los que determinan las propiedades, los que las modifican, y los factores externos que en cierto momento nos ocasionan variación en las propiedades.

1.- Factores que determinan las propiedades del plástico reforzado:

- Influencia del contenido de vidrio.- Al fabricar el plástico reforzado se combinan dos materiales esencialmente diferentes, la resina y la fibra de vidrio, para formar un compuesto.

Las propiedades del compuesto pueden variarse dentro de ciertos intervalos, ya que existen diferentes tipos de resina y de materiales de refuerzo.

La proporción en que se combinen los materiales componentes es también un factor determinante de las propiedades finales del compuesto. Esto se expresa mediante el contenido de vidrio en volumen o en peso que se encuentra en el compuesto.

En la figura 1 se muestra la acción reforzante de la fibra de vidrio. Al aumentar el contenido de vidrio se incrementa el valor del esfuerzo último a tensión hasta cierto límite óptimo para después decrecer. Dependiendo del tipo de refuerzo utilizado, este valor óptimo varía entre 35 y 80%.

Mientras que, la figura 2, nos indica el efecto rigidizante que se logra al incrementar el contenido de vidrio en el compuesto.

De manera similar se modifican otras propiedades mecánicas al variar en contenido de vidrio. Tal es el caso de las resistencias a la compresión, flexión e impacto.

Las propiedades térmicas y eléctricas también varían con el contenido de vidrio. Así por ejemplo, mientras mayor es el contenido mayor es el coeficiente de transmisión térmica y menores son el coeficiente de dilatación lineal y la resistencia eléctrica de los laminados.

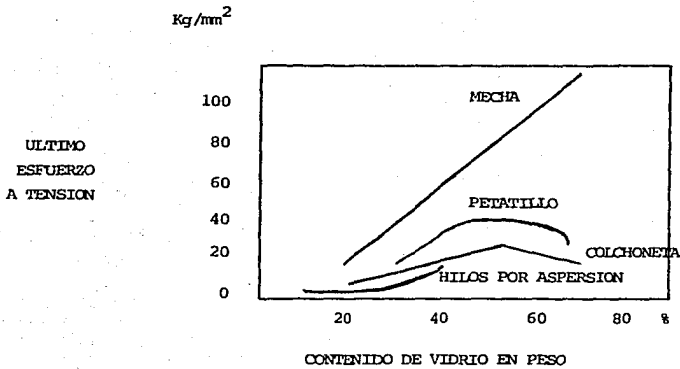


Figura 1.

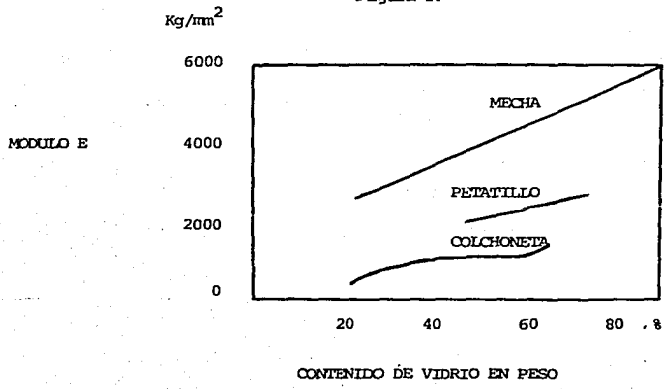


Figura 2.

- Influencia del acomodo del material de refuerzo.-  
Al reforzar una resina con fibra de vidrio pueden utilizarse tipos de refuerzo cuyo acomodo en el compuesto sea indiferente. Un ejemplo de esto es la elaboración de laminados utilizando únicamente colchoneta de fibra de vidrio. En este caso, puede considerarse que el material es isotrópico, esto es que sus propiedades son independientes de la dirección en que se miden.

Por lo contrario, al incluir en la resina otros tipos de refuerzo tales como el petatillo o la mecha, el compuesto presenta características de anisotropía. Esto se debe a que el contenido de vidrio varía con la dirección, puesto que el material de refuerzo, está orientado en determinada forma.

2.- Factores que modifican las propiedades del plástico reforzado.- Además de los ya mencionados, existen un gran número de factores que modifican las propiedades de los plásticos reforzados.

Así, por ejemplo, es posible incluir en el compuesto diversos tipos de cargas y pigmentos para mejorar determinadas características. Las propiedades del compuesto varían también dependiendo de las condiciones en que se elabore el plástico reforzado (tiempo de curado, humedad y temperatura, etc.). Enseguida se tratarán algunos de éstos factores:

- Efecto del espesor del laminado.- La tabla 1 muestra las variaciones en las propiedades más importantes para el diseño del plástico reforzado con fibra de vidrio, según el espesor del laminado. En todos los laminados estuvo incluido



una capa de velo de vidrio tal como estaría en la superficie expuesta al agente corrosivo en un recipiente o equipo.

TABLA 1

PROPIEDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESPESOR (mm)			
	4	6	7	9
Esfuerzo a la tensión	634	845	950	1056
Esfuerzo a la flexión	1126	1338	1408	1549
Módulo de elasticidad	49294	56336	63378	70420

(3)

La tabla 2, compara varios tipos de fibras de vidrio según su estado físico, considerando para cada caso, las resistencias a la flexión y a la tensión, cuando se encuentra dentro del laminado 100% el tipo de refuerzo señalado.

Mediante la combinación de éstos factores, es posible, predecir aproximadamente la resistencia de un laminado que contenga dos o más tipos de refuerzo, sin embargo, es recomendable checar ésta predicción para estar completamente seguros de la veracidad de la misma.

En el caso del Roving en acomodo unidireccional, se tomó como esfuerzo a la tensión el máximo obtenido, ya que varía notablemente según la orientación de los filamentos.

TABLA 2

TIPO DE REFUERZO	ESFUERZO A LA TENSION (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO A LA FLEXION (Kg/cm <sup>2</sup> )
Colchoneta	704 — 845	1126 — 1338
Laminado de colchoneta con velo	845 — 1408	1338 — 1760
Laminado con petatillo a 0° C.	2896	2208
Barra con roving unidireccional	4200 — 12500	7000 — 12500

(3)

3.- Factores externos que modifican las propiedades del plástico reforzado:

- Factor temperatura.- Las resinas utilizadas para la fabricación de plástico reforzado se caracterizan como todos los plásticos por ser poco resistentes a las altas temperaturas. Como en el caso de todos los materiales, las propiedades físicas de los plásticos reforzados varían con la temperatura. En éste caso, al igual que con todos los plásticos, el efecto de la temperatura sobre las propiedades debe ser considerado con mayor detalle. Esto es debido a que las propiedades varían significativamente en intervalos relativamente estrechos de temperatura. Y por cierto en aquellos intervalos en que normalmente operan muchos dispositivos con los que se construyen éstos materiales.

El intervalo de temperatura en que se pueden utili

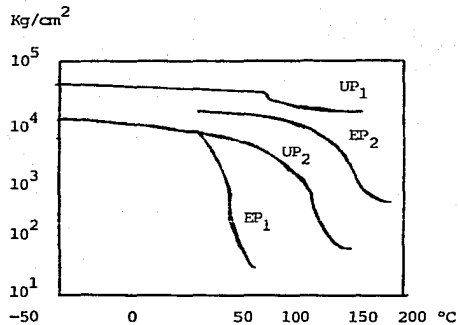
zar los materiales plásticos se obtiene comunmente por un ensayo en el que se determina el módulo de rigidéz. La figura 3 muestra la variación del módulo de rigidéz con la temperatura de varias resinas poliéster insaturadas (UP) y epóxicas (EP) reforzadas y sin esfuerzo.

De la figura se deduce que la inclusión del refuerzo rigidiza al compuesto manteniéndose éste efecto en un intervalo de temperatura más amplio.

Otra característica de especial interés para el constructor de equipos de plástico reforzado, es la variación que sufre el esfuerzo de ruptura al incrementarse la temperatura. Esta variación se muestra en la figura 4, para laminados con 30, 40, y 60% de contenido en peso de fibra de vidrio. En ella puede observarse la variación de las propiedades físicas.

De la gráfica se observa que las propiedades varían en mayor grado mientras más alto sea el contenido de vidrio.

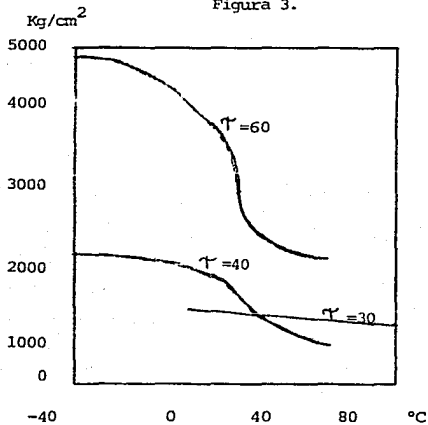
MODULO DE RIGIDEZ



TEMPERATURA

Figura 3.

ESFUERZO DE RUPTURA  $\sigma_R$



TEMPERATURA

Figura 4.

$\gamma$  = % en peso de fibra de vidrio

- Factor tiempo.- Característica de los materiales plásticos, es la de fluir cuando se les sujeta a cargas de tensión. Esto significa que se elongan continuamente mientras dure la acción de la carga. Es por esto que la información que se obtiene en un ensayo de tensión de alta velocidad será de poca utilidad para la construcción de equipos de plástico reforzado.

La figura 5 nos muestra las líneas de fluencia de un laminado con 33% de contenido en peso de fibra de vidrio y que se mantuvo a temperatura ambiente. Las piezas fueron sujetas a esfuerzos constantes con valores de 25 a 1200 Kg/cm<sup>2</sup> durante un tiempo máximo de cerca de un año.

Las piezas sujetas a 1200 Kg/cm<sup>2</sup>, se rompieron tan solo en 40 horas después de haber sido sujetas a la carga. En las piezas sujetas a 400 Kg/cm<sup>2</sup>, no se llegó al límite de ruptura, se presentaron rasgaduras después de aproximadamente 500 horas. (4) Se les considera microrasgaduras, y en el idioma inglés se les conoce como crazes, y no constituyen rompiamientos físicos sino que se trata de un efecto de difracción de la luz que da la impresión de una rasgadura. Las zonas en que se presentan las microrasgadura poseen una densidad menor, pudiendo esto conducir a la falla, sobre todo cuando la muestra están en contacto con un ambiente corrosivo. Las piezas que se sujetaron a esfuerzos entre 25 y 200 Kg/cm<sup>2</sup> no presentaron ninguna alteración durante el tiempo que duró el ensayo.

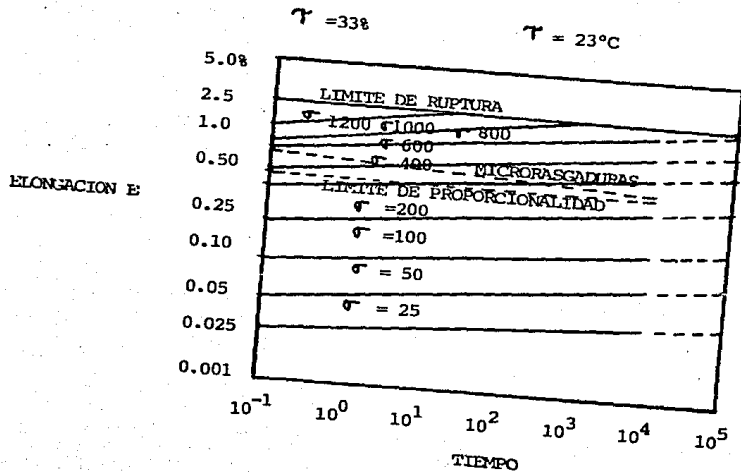


Figura 5.

- Influencia del medio.- Existen una serie de factores que influyen en las propiedades de los compuestos reforzados y que provienen del medio en que éstos se encuentren. Algunos de los más importantes de carácter físico son la radiación ultravioleta y la difusión de líquido en el interior del plástico. Otros de efecto químico son la ozonización, la hidrólisis y la disolución que traen consigo cambios fundamentales en el compuesto.

Los efectos que tienen estos factores sobre las propiedades del poliéster reforzado son conocidos únicamente en forma cualitativa. La intensidad con que éstos factores influyen en las propiedades son complejas, esto se debe principalmente a que el efecto varía con el tipo de resina así como el grado de reticulación alcanzado durante la polimerización, además los efectos dependen de la temperatura, ya visto anteriormente.

En la actualidad los fabricantes de las resinas con características de alta resistencia química proporcionan publicaciones en las que indican la resistencia química de su producto contra agentes corrosivos.

Sin embargo, es poca la información que el constructor puede obtener acerca de la variación de las propiedades mecánicas de los plásticos que se encuentran en contacto con los líquidos o gases corrosivos.

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DEL PLASTICO REFORZADO CON LAS DE OTROS MATERIALES.- Las características me-

cánicas de los plásticos reforzados en particular la resistencia a la tensión, compresión, flexión y esfuerzo cortante, siguen la ley de Hooke dentro del límite de proporcionalidad, pero se diferencian de las del acero estructural y de algunos otros materiales en que el punto de cedencia y el de ruptura prácticamente coinciden. Al excederse dicho punto de cedencia la mayor ductibilidad del acero hace que éste sufra una deformación o pandeo permanente y considerable antes de la ruptura.

En cuanto a la resistencia a la ruptura por tensión, la fibra de vidrio posee el valor más alto entre los materiales comerciales.

Esta propiedad se le comunica en mayor o menor grado a los plásticos reforzados de los que forma parte, dependiendo de la orientación y otros factores que ya mencionamos. Así habrá laminados de plástico reforzado en resistencias menores o mucho mayores que las del acero. La resistencia a la compresión es también del orden de la tensión, es decir tienen las mismas variaciones.

Debido a su ligereza, el plástico reforzado posee una elevada resistencia específica a la tensión, valor que se obtiene de dividir la resistencia entre la densidad o entre la gravedad específica.

Otra propiedad que conviene citar, es la rigidez, relacionada con el módulo de flexión. En los plásticos en general el valor aumenta al incrementarse el contenido



de fibra de vidrio pero sin llegar a igualar la del acero. De ahí, como ya se dijo antes, surge la necesidad de emplear otros medios para estructurar que no sea el aumentar indefinidamente el espesor.

Los módulos de tensión, compresión y esfuerzo constante también son mayores en el acero que en el plástico reforzado. Así dentro del límite elástico, el plástico reforzado sufrirá una deformación temporal bajo un esfuerzo o carga determinada.

La resistencia al impacto es mayor en el poliéster-fibra de vidrio que en los metales debido a la menor rigidez del primero. Sin embargo los termoplásticos, dependiendo de su tipo pueden o no mejorar esta resistencia al reforzarseles con fibra de vidrio.

Con el fin de obtener una idea más clara y lograr una buena comparación, consideraremos los valores de la siguiente tabla, en la cual se comparan las propiedades de las resinas poliéster reforzadas con las del acero 1020.

PROPIEDAD	UNIDAD	MATERIAL	
		POLIESTER	ACERO 1020
Peso Específico	$\text{g/cm}^3$	1.34-2	7.86
Ult. Esfuerzo Tensión (min)	$\text{Kg/cm}^2$	750-7500	4545
Módulo de Elasticidad	$\text{Kg/cm}^2 \times 10^6$	0.06-0.20	2.1
Coef. de Dilatación Lineal	$1/^\circ\text{C} \times 10^{-6}$	90-108	12
Coef. de Conduct. Térmica	$\text{Kcal/m-h}^\circ\text{C}$	0.20-0.35	41
Resistividad Eléctrica	Ohm	$10^{15}$	$10^{-5}$

(4)

Primeramente, se observa que son compuestos más livianos que el acero, ya que su peso específico es de 3.9 a 5.8 veces menor que el del acero.

Su resistencia a la tensión varía enormemente pudiendo llegar a casi el doble que la del acero, esta variación obedece fundamentalmente al contenido de vidrio en el compuesto y a su acomodo con respecto a la dirección en que se aplica la carga tensionante.

La relación del último esfuerzo a tensión al peso específico es un parametro de importancia para lograr una construcción liviana. Los laminados con fibra de vidrio superan normalmente en ésto a los metales, esta característica ha ampliado el uso de materiales reforzados en aplicaciones en que el ahorro de peso es determinante como en la construcción de aviones, de domos y de recipientes industriales.

Los laminados con fibra de vidrio son poco rígidos en comparación con los metales ya que poseen un módulo de elasticidad de 10 a 35 veces menor que el del acero. En aquellos casos en que la rigidez juega un papel importante (pandeo, flambeo de placas), el diseñador no podrá construir como si usara metales sino que deberá modificar su concepto variando por ejemplo la geometría o estructurando el dispositivo mediante la inclusión de perfiles o anillos.

La capacidad de estos materiales para absorber la energía causada por impactos es baja en relación a la de los metales. Se debe notar sin embargo que los metales absorben gran parte del impacto en forma plástica mientras

que los laminados lo absorben en forma elástica, esto explica el uso de estos materiales en la construcción de barcos y piezas automotrices.

En relación a su comportamiento térmico, puede decirse que aunque existen laminados que sufren dilataciones menores que las del acero, la mayoría de ellos poseen un coeficiente de dilatación mayor que la del metal, esto es de vital importancia en aquellos casos en que el laminado de plástico se realiza sobre algún otro material y se presenten variaciones de temperatura.

Como lo indican los valores de la tabla anterior y es característico de todos los materiales plásticos, los laminados son buenos aislantes térmicos y excelentes aislantes eléctricos. Su bajo coeficiente de conductividad térmica evita que en ciertos casos se tenga que adicionar aislantes térmicos en tanques y equipos en general.

Otras características importantes de éstos materiales son su alto grado de resistencia a la corrosión y su translucidez. Aunque el material es inflamable, se le puede agregar agentes que retarden la propagación de la flama. Su resistencia a los rayos ultravioleta es mediana pero puede mejorarse incluyendo aditivos que disminuyan dicho efecto.

### CAPITULO III.

#### LOS PROCESOS DE MOLDEO DEL PLASTICO REFORZADO EN MEXICO.

En los últimos años, las resinas poliéster han sido empleadas para la fabricación de un sinnúmero de artículos o productos, ya sea sustituyendo a materiales convencionales o bien en aplicaciones específicas.

En algunos casos, al ser reforzada, se emplea en la fabricación de lámina decorativa, lanchas, partes automotrices, industria de la construcción, equipo industrial, etc. Si la resina poliéster se mezcla con carga se puede usar para la fabricación de figuras decorativas (estatuas, marcos, molduras), resanadores automotrices, etc. Otra aplicación consiste en la fabricación de barnices para madera, producción de botones, fabricación de pisos integrales, y debido a sus propiedades dieléctricas, se emplea para el encapsulamiento de componentes electrónicos como condensadores, diodos, etc., sin olvidar que convenientemente reforzada con fibra de vidrio o asbesto, puede ser empleada para laminados dieléctricos.

Naturalmente, cada uso o aplicación requiere de una formulación específica tanto en la resina como de la forma de aplicación para la obtención del producto terminado.

No todos los procesos empleados para fabricar piezas de plástico se pueden utilizar para aquellas que llevan algún elemento reforzante, sobre todo del tipo fibroso.

El proceso debe permitir una correcta incorporación del

del refuerzo al plástico o una adecuada homogeneidad al híbrido o ambas cosas.

La orientación del refuerzo será necesariamente aquella que se ha seleccionado de antemano porque sino, el artículo tendría propiedades diferentes a las requeridas.

En unos procesos, la incorporación del refuerzo fibroso a la resina se hace simultáneamente con el moldeo, en otros la fibra y la resina se combinan primero y el material ya reforzado se somete entonces al procedimiento que le dará su forma definitiva. Cuando se describa cada sistema, se hará referencia a los métodos de premezclado de la fibra/resina, en los casos en que tales procedimientos preparatorios antecedan al sistema en cuestión.

Los sistemas de fabricación para termofijos y para termoplásticos generalmente no son los mismos, ya que en el primer caso se puede tener a la resina en estado líquido a la temperatura ambiente, mientras que en los termoplásticos se requiere fundirlos o reblandecerlos mediante calor. En cada caso se señalará si el proceso funciona con unos u otros plásticos y si los artículos fabricados por un determinado método se emplean para resistir a la corrosión, ya que estos métodos son los de particular interés. Podrá verse en la descripción de todos estos procesos, que unos son intermitentes, debiéndose interrumpir la secuencia para sacar la pieza del molde, mientras que en otros la producción de las piezas es continua.

Los métodos de moldeo o aplicación se deciden tomando en consideración las características de los productos por fabricar, por ejemplo:

- Cantidad de piezas
- Especificaciones respecto a tamaño
- Grado de dificultad
- Plazo de entrega
- Consideraciones económicas

Basados en éstas y otras consideraciones se decide el método de fabricación, siendo los más utilizados en México los siguientes:

- Moldeo manual
- Moldeo por asperción
- Moldeo por embobinamiento de filamentos
- Moldeo por pultrusión
- Moldeo por prensado en caliente con las siguientes alimentaciones: SMC y BMC
- Moldeo por RTM (Inyección de Resina)

Los tipos de moldes usados en el plástico reforzado son:

- Molde abierto simple. Unitario o seccionado
- Molde simple con ayuda
- De mandril fijo o giratorio
- Molde cerrado y también empleando dados (para sistemas de extrusión estos segundos)

**MOLDEO MANUAL.**- El método de moldeo manual, empleando moldea abiertos simples o seccionados se usa frecuentemente para fabricar partes de plástico termofijo resistentes a la corrosión, sobre todo piezas grandes que no sean su

perforaciones o volúmenes de revolución, piezas especiales y accesorios de tuberías. Los tanques y tuberías en general, las formas cilíndricas o esféricas que son cuerpos de revolución pueden también fabricarse por éste sistema manual, aunque existe un proceso especial para estas partes.

Sus ventajas serían:

- Simplicidad
- Moldes económicos
- Sin limitación de tamaño
- Cambios de diseño con facilidad
- Herramientas simples (rodillos, brochas)
- Puede llevar plastiesmalte

Sus desventajas son:

- Mucha mano de obra
- Sólo una cara con acabado
- La calidad depende del operario
- Bajos volúmenes de producción que sólo se incrementan aumentando el número de moldes
- Emisión de vapores de estireno
- Hay desperdicio de materiales

Y como sus principales usos podemos mencionar los siguientes: se utilizan en la fabricación de tanques, lanchas, macetas, albercas, ductos, partes automotrices, lámina plana y corrugada, piezas prototipo.



FIGURA 1. MOLDEO MANUAL.

MOLDEO POR ASPERSION.- Aspersión simultánea de fibra/resina. Esta es una forma muy usada de mecanización del proceso de molde abierto. La inversión no es alta y permite utilizar un tipo de fibra de vidrio más económico y un ahorro en la mano de obra, ya que la fibra cortada e impregnada con la resina se deposita en el molde gracias al equipo de aspersión, y solo se requiere de un terminado final para que la pieza quede lista. En este proceso las piezas a fabricarse deben tener un área de cerca de  $1 \text{ m}^2$  ó más a fin de que la casi totalidad de fibra y resina que arroja la máquina quede en la cavidad del molde y no exista desperdicio importante.



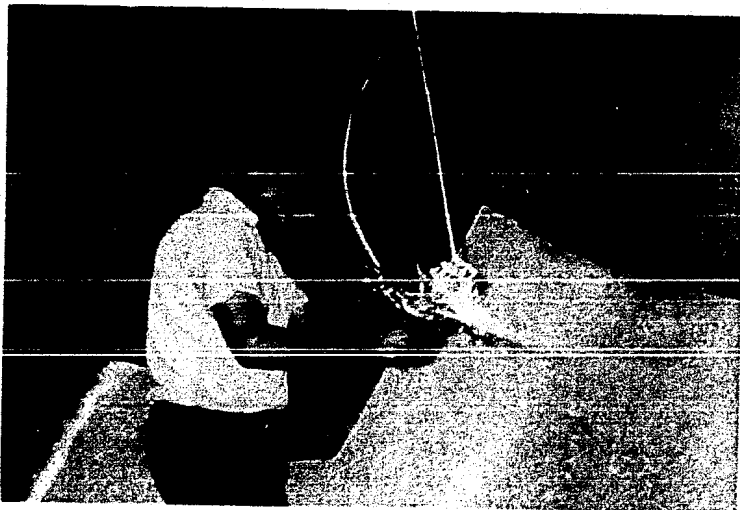


FIGURA 2. MOLDEO POR ASPERSION

como ventajas tenemos:

- Equipo portátil de inversión media
- Usa refuerzo económico
- Moldeo de formas complicadas
- Ahorro en mano de obra con respecto al moldeo manual
- Moldes económicos
- Posibilidad de fabricar la pieza en el mismo sitio donde quedará instalada

Como desventajas tenemos:

- Solo una cara de acabado
- El control de proceso no es al 100 %, la uniformidad en el espesor, por ejemplo, depende de la habilidad del operario.
- Hay desperdicio de materiales
- Emisión de vapores de estireno

Y sus usos más importantes son: en la fabricación de partes automotrices grandes, recubrimientos, tinacos, to boganes, partes grandes en general.

- MOLDEO POR EMBOBINADO DE FILAMENTOS.- Ya se mencionó que los cuerpos de revolución como cubos, esferas o cilindros se fabrican enrollando fibra continua alrededor de un mandril giratorio.

En el caso de cilindros, se emplea un mandril metálico que posee la misma forma y que suele ser colapsible para facilitar el desmolde. Se utilizan materiales separadores al igual que en el moldeo manual y de pistola con el fin de retirar con facilidad la parte. En el caso de los mandriles no colapsibles, el conjunto ya emboinado se lleva a un dispositivo de extracción, donde la pieza se separa del molde, mientras tanto, se coloca un nuevo mandril en la máquina de emboinado y la operación se repite. El proceso es por tanto intermitente. Este sistema se llama también de fibra dirigida, ya que el

refuerzo impregnado con la resina se embobina en el mandril, siguiendo el ángulo o sesgo determinado. Para ello se utiliza un dispositivo de movimiento programado que va dirigiendo la fibra en ángulos preestablecidos sobre el mandril giratorio, a fin de conseguir la resistencia debida en las direcciones donde se localizarán los esfuerzos en la tubería o tanques fabricados por éste sistema. El dispositivo distribuidor puede incluso formar simultáneamente el cilindro y una de las tapas rodeando el mandril por uno de sus extremos mientras se embobina la fibra impregnada con resina. Para fabricar otros cuerpos de revolución se emplean moldes colapsibles y aún moldes de sal común o de otros materiales que pueden disolverse y eliminarse después de haber servido de mandril.

Una innovación reciente es el mandril de cinta, que forma un cuerpo cilíndrico deslizante que se recoge dentro de sí en forma continua y que teniendo sus extremos abiertos permite fabricar un tubo o envolvente de tanque de manera continua. Aquí, la fibra continua se dispone perpendicularmente al eje longitudinal del cilindro y será la que tome los esfuerzos de cincho del equipo, mientras que la fibra cortada aplicada por aspersión y dispuesta en forma multidireccional resistirá los demás esfuerzos a los que se verá sometido el tanque o tubo.

En las partes fabricadas mediante éstos procesos de embobinado, la superficie tersa es siempre interna, que fué la que se mantuvo en contacto con el mandril durante el moldeo.

# Filament Winding

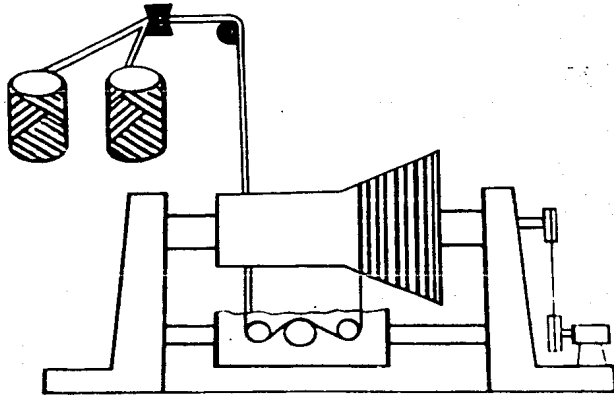


FIGURA 3. MOLDEO POR EMOBINADO DE FILAMENTOS

Como ventajas tenemos que mencionar:

- Alta relación resistencia / peso
- Bajo empleo de mano de obra
- Control en la uniformidad de la distribución del refuerzo y su orientación
- Puede maquinarse con precisión la pieza posteriormente a su fabricación
- Alto volumen de producción automatizada
- Posibilidad del empleo de mandriles colapsables y solubilizables
- Emplea esfuerzo económico

Como desventajas tenemos:

- Alta inversión en equipo
- La forma está limitada a la de los cuerpos de revolución
- Requiere recubrimiento interno (tubo termoplástico) en tuberías de más de 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> o modificación de la construcción del laminado para evitar transmisión de los líquidos
- Solo una superficie acabada, aunque puede maquinarse la externa
- Necesidad de extractores en mandriles cilíndricos no colapsables

Y como usos más frecuentes tenemos: fabricación de tuberías, tanques, cuerpos de revolución en general.

- MOLDEO POR PULTRUSION.- También conocido como moldeo por extrusión con tiraje, éste sistema es más usado en los termofijos y consiste en hacer pasar la fibra impregnada de resina a través de un dado y una vez que toma la forma requerida se someten a un curado rápido a temperatura. La fibra va en forma de fieltro, roving, tela o combinaciones de 2 ó más de éstos materiales y no es posible hacerla pasar por el dado presionando o empujando como en el otro tipo de extrusión (extrusión normal de termoplásticos). Aquí se hace necesario tirar o jalar de ella. Este tiraje positivo, que nunca varía ni se interrumpe, permite obtener piezas de sección continua siempre con alto contenido de fibra y en las orientaciones más adecuadas. Ejemplo de ello son perfiles tanto como soleras como piezas cilíndricas o de sección rectangular o bien cuadradas, sólidas o huecas, empleadas en

la fabricación de rejillas industriales resistentes a la corrosión, escaleras portátiles no conductoras de la electricidad y elementos estructurales para construcción, también de excelente resistencia a los agentes corrosivos y al medio ambiente, etc.



FIGURA 4. MOLDEO POR PULTRUSION (Extrusión con tiraje).

Sus ventajas son:

- Operación continua
- Adaptable a piezas de poca sección (área transversal).
- Partes de alto contenido de vidrio con alta resistencia (refuerzo uni-

direccional).

- La longitud de las piezas está solamente limitada por las posibilidades del transporte de las mismas.

Sus desventajas son:

- Solo produce en principio partes de sección constante
- Limitación en cuanto a tamaño de piezas a fabricar (las dimensiones posibles de las piezas han ido aumentando con el desarrollo de los equipos).

Y sus aplicaciones más comunes son: la fabricación de tubos, perfiles sólidos y huecos, cañas de pescar, almas de mangos de martillo, palos de golf, etc.

- MOLDEO POR PRENSADO EN CALIENTE CON LAS SIGUIENTES ALIMENTACIONES: 1) Fibra preformada o bien colchoneta, 2) SMC (Sheet Moulding Compound: preforma impregnada) y 3) BMC (Bulk Moulding Compound: con premezcla).- En general se utilizan prensas de doble dado metálico con una o varias cavidades. Los dados tienen sistemas de calentamiento que permiten curar las resinas termofijas en unos minutos. Este sistema se usa solamente para altos volúmenes y las piezas desde luego quedan acabadas por todas partes. Por éste sistema, se pueden hacer productos para resistir la corrosión tales como bridas o cuerpos de bombas o válvulas.

El ciclo se inicia cuando la prensa se abre y en la cavidad del molde se coloca fieltro de refuerzo y una cantidad medida de resina, a la que se le ha agregado previamente un catalizador que actúa al subir la tempe

ratura, gracias a la presión, la fibra se impregna con la resina y el conjunto toma la forma del artículo. El calor hace que el material endurezca al activarse el catalizador y actuar éste sobre la resina.

En la mayoría de los casos la fibra ha sido preformada de antemano a la configuración del artículo. Para ello, se corta y se deposita fibra sobre un falso molde perforado en una máquina llamada de preforma.

Al molde de la máquina de preforma se le aplica vacío a fin de que las fibras tomen la configuración deseada. Se emplea además un aglutinante para que mantenga las fibras unidas entre si.

La preforma es colocada ahora entre los dados de la prensa, se le agrega la resina y se somete a presión y temperatura.

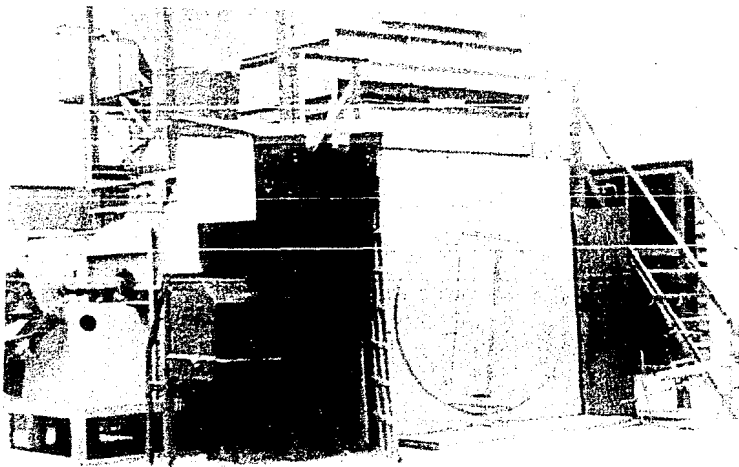


Figura 5 .Moldeo por Preforma



En la actualidad se recurre al empleo de premezclas de fibra/resina que facilitan enormemente la alimentación de la prensa y que permiten obtener partes más uniformes y de mejores características. Estas premezclas se preparan en forma de masillas con fibras cortas (BMC) o bien en laminados (SMC) que llevan fibras de mayor longitud. En ambos casos el material de moldeo posee una viscosidad muy alta que permite su manejo sin mayor problema.

En general los artículos procesados a base de SMC tienen mayor resistencia mecánica que los fabricados con masilla debido a que en el primero se utiliza fibra más larga. Hablando de manera general podemos considerar las siguientes ventajas con éste tipo de moldeo:

- Permite moldear formas complicadas, usando materiales preimpregnados; BMC, SMC o preformas.
- Pueden incorporarse injertos en las piezas.

Las desventajas serían:

- Las dimensiones máximas de las piezas quedan limitadas por el tamaño de la platina de la prensa.
- Alta inversión en moldes y prensa que sólo se justifican con altos volúmenes.

De las aplicaciones más importantes podemos citar; la fabricación de partes eléctricas, pequeñas lanchas, tinas de baño, cascos de protección, carcazas, sillas, partes automotrices, etc.

En una forma más particular se tratan cada una de las premezclas: BMC y SMC.

PREMEZCLA BMC.- En éste proceso el material de refuerzo se encuentra incluido en la formulación, por lo que no se requiere preforma.

La formulación de resina que contiene carga, desmoldante interno, dispersante de color, catalizador, filamento corto de fibra de vidrio, se mezcla en un equipo en el cual se logra un mezclado homogéneo de todos los componentes. La masilla obtenida o parte de ella se coloca en el molde inferior de la prensa, procediendo al curado del producto. Por lo general, las formulaciones están basadas en el empleo de resinas isoftálicas y óxidos metálicos como carga, con lo que se obtienen piezas con mejores características de acabado.

Se consideran entre sus ventajas; un relativo bajo costo de operación en comparación con el método de moldeo por preforma, ya que el desperdicio es menor, así como la facilidad de obtener piezas de forma intrincada. Las desventajas en base a la misma comparación, la pieza obtenida es de menor dureza, así como de menor resistencia por lo que respecta a las propiedades mecánicas en formulaciones cuyos contenidos de fibra de vidrio sean similares.

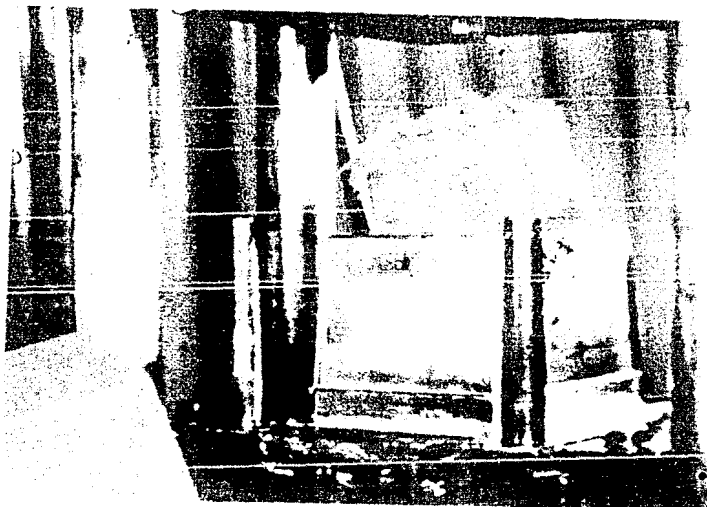


FIGURA 6. MOLDEO POR BMC.

PRMEZCLA SMC.- En éste tipo de proceso, la mezcla de materiales (refuerzo, resina, carga, catalizador, etc.) se presenta en forma de hoja o laminado cubierto con película de polietileno para evitar contaminación y adherencia durante su manejo y almacenamiento. En la actualidad el procedimiento empleado con mayor frecuencia para la preparación de la hoja de SMC consiste en la formulación de una pasta o masilla de resina, cargas, catalizador, lubricantes, etc. y a continuación ésta pasta se vierte sobre una banda transportadora cubier-



FIGURA 7. MOLDEO POR SMC.

ta de polietileno, y sobre la cual se forma o coloca la colchoneta, la mezcla obtenida se conduce a través de rodillos que tienen por objeto lograr el espesor deseado en la hoja de SMC. La fabricación de piezas se efectúa cortando una sección del material (de área ligeramente menor a la de la pieza por obtener) retirar la película protectora y colocarla en la prensa, cuyo ciclo de operación ha sido determinado con anterioridad. Este proceso ha tenido gran aceptación industrial, principalmente en la industria automotriz, ya que se obtienen piezas con buenas características físicas y mecánicas.

MOLDEO POR RTM.- (Inyección de resina).- Este proceso fue desarrollado hace muchos años, pero recientemente ha experimentado una serie de mejoras que lo colocan como uno de los más promisorios para los niveles de producción que requerimos en nuestro país.

El fieltro de fibra de vidrio se coloca en la cavidad del molde y después se cierra éste, un sistema especial inyecta a presión la resina catalizada saturando a la fibra y conformando al artículo. A fin de mantener cerrado el molde durante la inyección se utilizan una serie de grapas de cierre y abertura rápidos o bien se presiona el molde en una prensa simple de baja presión.



FIGURA 8. MOLDEO POR RTM.

## CAPITULO IV.

### LA NORMALIZACION. GENERALIDADES Y SU JUSTIFICACION.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES.- Puede decirse que la normalización a la que se considera una disciplina y se afirma muchas veces que es una resolución de éste siglo, aparece desde el momento mismo en que el hombre, para satisfacer sus necesidades de toda índole se vió precisado a vivir en grupos y constituir una sociedad.

En ése momento fué indispensable:

- Regular sus movimientos
- Sus acciones
- Sus emociones
- Su conducta
- Todo aquello que pueda permitirle llevar una coexistencia con sus semejantes.

Así aparecieron las primeras manifestaciones inconcientes de normalización como quizá fueron:

- Las comunicaciones orales: iniciando por los graznidos y cacareos
- Las comunicaciones escritas: iniciando por medio de pinturas y símbolos para desarrollar palabras y caracteres bien definidos, que sirven de vehículos a ideas y pensamientos

Así el hombre desde el momento mismo que necesitó intercambiar ideas, conocimientos, mercaderías, le fué preciso establecer reglas que le permitieran ese intercambio

bio y lo facilitarán.

La situación actual a éste respecto no ha variado y la normalización es uno de los medios de que actualmente el hombre se vale para ése intercambio; desde el punto de vista humano, puede señalarse que la normalización es un medio de acercamiento entre los pueblos. Es necesario lograr una normalización humana, ya que los me di os de producción deben de estar al servicio del hombre, para permitirle mejorar su nivel de vida y no al contrario, haciendo del hombre un esclavo de la máquina.

En base a un concepto técnico, actualmente se pueden dar varias definiciones de normalización, de entre las cuales tenemos las siguientes:

a) Normalización: es la consolidación del conocimiento de experiencias obtenidas como resultado de la consulta común, dirigida, dicha consolidación, a restaurar y establecer el orden. (5)

Es de subrayar en ésta definición que lo que ha de con sol id ar es el conocimiento obtenido de la consulta común para nosotros, ésto significa normalizar con los sectores que intervienen bien representados y equilibrados.

b) Normalización: es una actividad técnica y económica que tiene por objeto establecer los requisitos característicos de los productos, métodos y formas similares de representación, que se definen y formulan en una norma, con el propósito de obtener una adecuada producción y una distribución apropiada de los productos. (5)



c) Normalización: es el proceso de definir o aplicar las condiciones para asegurar que un conjunto de requisitos, pueden cumplirse regularmente en un número dado de variedades, de manera reproducible y económica, sobre la base de la mejor técnica aceptada.

Esas condiciones definidas o aplicadas que nos menciona la definición serían las que quedarían plasmadas en la norma del producto que se trata. (5)

Otro término importante, es el concepto de norma, el cual es el resultado de un esfuerzo particular de normalización, aprobado por una autoridad reconocida.

Una norma puede tener la forma de un documento, conteniendo una serie de condiciones que deben de ser satisfechas, siendo cada una de ellas: verdades técnicas demostrables.

O también, la norma puede tomar la forma de una unidad fundamental o constante física, por ejemplo: un amperre, metro, etc.

Un término usado con frecuencia y que nos puede causar cierta confusión es el de especificación, el cual podemos definir como un conjunto de condiciones que debe satisfacer un producto, un material o un proceso, incluyendo si es necesario, los métodos que permitan determinar si tales condiciones se cumplen.

La norma, busca conciliar los intereses de los diferentes sectores que intervienen en su elaboración dentro de un equilibrio justo; esto es, conciliar las posibi-

lidades de fabricación con las necesidades del consumi  
dor como ya dijimos en un equilibrio justo, pero tra-  
tando siempre de mejorar la calidad de los productos;  
aún contra gente que se resiste a dar lo que deben por  
no querer tener un compromiso, muchas veces infundado,  
<sup>ya</sup>  
ya que sus productos cumplen satisfactoriamente con  
los requerimientos establecidos.

Considerando todo lo anterior, podemos decir que la  
normalización significa: la creación de reglas simples,  
técnicas que hacen la vida más sencilla y mejor para  
nosotros. En realidad, aunque nosotros no pensamos en  
ello, es un hecho que estamos rodeados por las normas,  
donde quiera que vayamos, cualquiera que sea la activi  
dad que realicemos.

En la actualidad, más que nunca, vivimos en un mundo  
internacional, bienes y servicios son intercambiados  
en todo el globo; y si el intercambio ha de funcionar,  
necesitamos normas internacionales. Las normas son  
realmente esenciales en toda la producción industrial.  
Si compramos acero, necesitamos saber a qué calidad co  
rresponde. Una vez más, la calidad del acero, está  
especificada en las normas.

Ya sea que se trate del campo de la medicina, ingenie-  
ría mecánica, industria alimenticia, ingeniería quími-  
ca y aún de las dimensiones del vestido y <sup>c</sup> calzados,  
allí están las normas para ayudar a la comunicación en  
tre la gente, entre los países, entre los continentes.

Un paso importante de la normalización internacional,  
es que las normas internacionales representan una trans

ferencia de tecnología muy valiosa. Detrás de cada norma internacional, está la experiencia y conocimiento de cientos de expertos de todo el mundo. Cada norma representa en gran medida el conocimiento técnico común. Este conocimiento está a la libre disposición de cualquiera que se interese. Esto es importante particularmente para los países en desarrollo.

Aun más, la normalización internacional es una actividad de éxito. Es un buen ejemplo de cómo las naciones pueden cooperar para el mutuo beneficio de todos nosotros.

LA NORMALIZACION Y EL DESARROLLO INDUSTRIAL.- La normalización sistemática ha sido una necesidad en la sociedad, cuando los caracteres y símbolos para la comunicación se hicieron indispensables.

Un desarrollo fué la institucionalización de la normalización en una base nacional; la normalización es una de las partes básicas de la infraestructura necesaria para un desarrollo económico fundamental del país. Un programa bien concebido de la normalización, puede ser el cimiento del crecimiento de experiencias, porque es una forma fácil de asimilación tecnológica importada y de promoción de la calidad. Esto juega un desarrollo ordenado en la economía nacional y se ve involucrado en la planeación y operaciones en un momento determinado.

Las instituciones de normalización deben tener una autoridad singular para coordinar las normas nacionales.

La falta de coordinación, posiblemente se refleje en la etapa inicial del desarrollo de un país, que puede llevarlo a posteriores dificultades.

Es importante la participación estrecha de todos los países para lograr un trabajo de normalización internacional, y también que la normalización nacional, sea de acuerdo a las necesidades del país y ésto se toma en cuenta cuando se preparan las normas internacionales.

La responsabilidad de una institución normalizadora debe vincularse, no únicamente en las normas que establece, sino también para difundirlas e implantar su uso cuidando de que no presenten barreras en la comercialización. Es indispensable conocer que en el caso de los países desarrollados, la implementación de normas puede dejarse generalmente en manos de los productores, quienes cuentan con una calidad técnica calificada para asegurar la protección de acuerdo con las normas dadas y que además tengan la necesaria experiencia y el conocimiento de cómo hacer para establecer su calidad interna, los procedimientos de control, sin recibir ayuda del extranjero.

Es diferente en los casos de un país en desarrollo, donde puede sentirse la falta de servicios para proporcionar a los productores nacionales una certificación y en éste caso, deben combinarse los esfuerzos para logar un medio efectivo y elevar el nivel de calidad de una propia tecnología.

Las tarifas arancelarias cuando no son barreras del comercio, contemplan varias normas nacionales y la certifi

ficación correspondiente, en tal forma que no afecten el libre movimiento de mercancías. La normalización juega un papel muy importante en la promoción de exportaciones haciendo que las normas nacionales sean apropiadas y organizando la inspección y la certificación que promueve la conformidad con éstas normas y asegura la calidad de las mercancías. Con miras a lograr esa facilidad de intercambio nacional, México a través de la Dirección General de Normas ha empezado a negociar arreglos internacionales de aceptación de certificación nacional. La normalización es una disciplina básica sin la cual el desarrollo tecnológico no es posible, el establecimiento de mecanismos para la implementación de normas en los países en desarrollo y en aplicación de programas bien aceptados de normalización son componentes vitales en la infraestructura, la cual es necesaria para asegurar la transferencia de tecnología de países desarrollados a los países a desarrollar.

Las normas internacionales actúan como vehículo para esa transferencia de tecnología. La existencia de normas internacionales permite tener bases para lograr la elaboración de las normas propias adaptandolas a la realidad nacional.

Cada norma internacional se puede conseguir sin restricción en los países en desarrollo, su empleo no requiere de ningún gasto y ayudan además a establecer programas para la selección de importación y adaptación de tecnologías extranjeras. La norma es un documento que sirve de contrato de compra-venta, ya que el comprador puede saber lo que se está comprando y el productor ofrecer lo que sabe que se está produciendo. La

normalización es un medio de comunicación entre el comprador y el vendedor, a través de las especificaciones de un producto y las normas de métodos de prueba que señalan el comportamiento del producto, se puede de una manera práctica ofrecer lo que se tiene y comprar lo que se desea, ésto promueve la transparencia del mercado y permite una buena competencia.

El organismo internacional de normalización ISO tiene un programa de desarrollo y está en la posibilidad de actuar como un iniciador en las relaciones con todas las fuentes interesadas de aseguramiento financiero y técnico. Sirve también como un medio para definir las necesidades de los países miembros y buscar en particular, medios apropiados para satisfacer esas necesidades, ya sea, por entrenamiento de misiones de expertos o por publicaciones especiales.

UBICACION DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS DENTRO DEL CONTEXTO DE NORMALIZACION.- Para poder explicar el campo tan extenso en el que se desenvuelve la normalización, se divide éste gran grupo en:

- El "Dominio" de la normalización, el cual se refiere al campo en el cual se van a realizar los estudios de normalización como por ejemplo: transportes, minería, agricultura, ciencia, educación, comercio, ramas industriales, etc.
- El "Aspecto" que contempla los diversos enfoques que dentro de un mismo dominio pueden darse a los estudios normativos, como son normas de calidad de producto, de métodos de prueba, de nomenclatura, de simbología, de dimensiones, etc.

- El "Nivel" que se concreta a establecer el círculo en el cual va a aplicarse el resultado del estudio normativo. De ésta manera, y para nuestra época, los niveles son: empresa, asociación, nacional, regional, mundial e internacional.

Como podemos ver, la conjunción del dominio, el aspecto y el nivel de la normalización, facilita extraordinariamente la ubicación de las Normas Oficiales Mexicanas.

En nuestro país, las únicas normas a nivel nacional que existen, son las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), cuya coordinación ha estado encomendada y lo está actualmente a la Dirección General de Normas. Primero dependiente de la Secretaría de Economía, después de la de Industria y Comercio, y actualmente de la de Patrimonio y Fomento Industrial.

En éste momento no existe en México más que la Dirección General de Normas como organismo único en la coordinación de las normas a nivel nacional. Esto viene a coalición, porque es también, en éste momento cuando más han proliferado los organismos de normalización en nuestro país sobre todo en el sector público.

Las normas a nivel nacional dentro del concepto técnico de la normalización integral, son básicamente normas conciliatorias entre los sectores interesados y no normas de un solo sector, o para un solo sector, ya sea éste productor o consumidor, público o privado.

Debido a ésto, las Normas Oficiales Mexicanas se en-

cuentran en el centro de percusión de la normalización de nuestro país, debido a que, en sus conceptos y valores se basa la opinión del país para fundamentar sus puntos de vista y propuestas a nivel internacional, por ser las que miden la realidad mexicana actual. Por otro lado, son las normas de producto a nivel nacional las que señalan las metas a cumplir por los productores y sirven de marco para que a su vez, se establezcan las normas a nivel empresa, se elijan en forma adecuada la materia prima, se seleccione el mejor procedimiento de fabricación y se diseñe el adecuado sistema de control de calidad, tanto en el proceso, como en la recepción del producto terminado.

Por otra parte, las Normas Oficiales Mexicanas son invariablemente un instrumento de desarrollo ya que surgen y después se introducen en la dinámica industrial. Como vemos, en mucho dependerá el avance tecnológico que tenga México de la superación que se tenga en el campo de la normalización.

CLASIFICACION DE LAS NORMAS EN CUANTO A SUS REQUERIMIENTOS DE USO.- Tomando como base los requerimientos del uso al que se destinan, las Normas Oficiales Mexicanas, se clasifican en la siguiente forma: (5)

#### FUNDAMENTALES

NORMAS  
OFICIALES  
MEXICANAS

ESPECIFICAS PARA  
CADA RAMA INDUSTRIAL

CLASIFICACION  
BASICAS  
TERMINOLOGIA  
MUESTREO  
PRODUCTO  
METODO DE  
PRUEBA



1.- Normas Fundamentales.- Las normas fundamentales son aquellas que, siendo generales al procedimiento de normalización, presentan características muy especiales, que deben ser tomadas en cuenta en todo estudio serio de normalización, ya que en éste tipo de normas, se establecen las bases técnico-científicas sobre las que se sustenta la normalización.

2.- Normas Específicas.- Son éstas normas las que engloban prácticamente a todos los sectores industriales que existen en nuestro país. Es importante, recalcar que aunque las normas no representan los intereses de un sector en particular, en éste caso, la participación del sector fabricante es fundamental, si se quiere que la normalización cumpla con sus objetivos. Este tipo de normas se dividen a su vez en:

- a) Normas Básicas.- Son aquellas cuya aplicación es elemental en cualquier estudio de normalización que se realiza en cada rama industrial y generalmente los tipos que más frecuentemente encontramos son: normas de clasificación, de terminología y de muestreo.
- b) Normas de Producto.- Conocidas también como normas de especificación, son normas de recepción de producto terminado y establecen los requerimientos mínimos de calidad que deben cumplir los productos, para satisfacer las necesidades del uso a que se destinan.
- c) Normas de Método de Prueba.- Este tipo de normas son aquellas que establecen un procedimiento analítico para efectuar la verificación de

una especificación establecida en una norma de producto.

Ahora vamos a destacar la importancia que tienen en sí, las normas de producto. Como ya se dijo, el grado de desarrollo de la normalización nacional, es fiel reflejo del desarrollo industrial del país, pues bien, éste grado de desarrollo nos lo dan casi exclusivamente las normas de producto. Podemos decir y sin temor a equivocarnos, que la producción anual de Normas Oficiales Mexicanas, es sinónimo de desarrollo industrial. Esto se puede corroborar efectuando un análisis de los catálogos de normas de países altamente desarrollados como Alemania, Francia, Inglaterra, Japón, etc. y los comparamos con nuestro catálogo de normas nacionales, de donde veremos que la diferencia existente entre el número de productos manufacturados y el número de normas de producto en esos países es mínima, en cambio en nuestro país dicha diferencia es enorme.

Nos damos cuenta de la gran importancia de la norma de producto, por lo que cuando se estudia, se ve que generalmente no viene solo, sino que necesita auxilio de otras normas, a las que se les da el calificativo de complementarias, porque como su nombre lo indica son el complemento de las normas de producto. Vemos que la esencia de las normas de producto, son las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir el producto para satisfacer las necesidades de su uso.

Además de la anterior clasificación, las normas se dividen según su requerimiento de cumplimiento, es decir se dividen en opcionales y obligatorias:

1.- Normas Opcionales.- Son aquéllas que pueden ser satisfechas por el artículo elaborado por uno o varios productores, por mutuo acuerdo o por compromisos de conveniencias adquiridas por cada uno de ellos, mismos que al desaparecer permiten al productor renunciar a que su producto siga cumpliendo la norma. A éste grupo pertenecen las siguientes normas: las de artículos de cualquier clase, cuando los productores lo soliciten, siempre y cuando, éstos representen la mayoría de la producción y sea posible que los demás cumplan con la norma y que no se lesione el interés público. Además, aquí entran las normas de todos los productos de consumo popular o de interés social.

2.- Normas Obligatorias.- Son las que rigen a productos que invariablemente deben cumplir con ellas, quedando obligados a satisfacer ésta condición, sus productores o importadores y a exigirla a sus proveedores o intermediarios. A éste grupo, pertenecen las siguientes normas: las correspondientes a la metrología, las de métodos de prueba para fines de comprobación oficial, las de terminología, que comprenden los términos, expresiones, abreviaturas, símbolos, diagramas o dibujos que deben emplearse en el lenguaje usado en la producción, las que establezcan la descripción de emblemas, símbolos o contraseñas de uso oficial, las que se ocupen de productos destinados a la protección y seguridad humana, así como de los productos que afecten la vida o la integridad corporal de las personas, y las de productos de cualquier clase, cuando lo requiera el interés público o la economía del país.

VENTAJAS DE LA NORMALIZACION.- Las ventajas de la normalización afecta directamente a tres sectores, a saber:

1.- Productores.- La principal ventaja de la normalización para los productores es la simplificación, la cual trae como resultante la fabricación de un número menor de tipos de productos, hace menos compleja su fabricación, eliminando materias primas innecesarias, por lo tanto se reducen los costos de fabricación, permite la utilización de máquinas para un sólo producto favoreciendo la producción en serie, simplifica los problemas de superintendencia y de planeación de producción, se facilitan las operaciones individuales y se obtiene una mayor especialización de las tareas de trabajo. Esto conduce naturalmente a que resulte más fácil el entrenamiento de los empleados y que su habilidad para el trabajo en cuestión sea mucho mayor, se tienen inventarios menores de productos terminados, productos en proceso y de materias primas requeridas, además hay un mejor aprovechamiento de los espacios de almacenaje, costos de mano de obra más bajos y un menor capital invertido. Tendrá menores rechazos tanto internos como por parte de los consumidores.

2.- Consumidores.- El consumidor tendrá la seguridad de que obtendrá materias primas o productos terminados de la calidad requerida para el uso que se destinen, comprará menos tipos de materias primas, sus inventarios serán menores y menos variados y tendrá la posibilidad de comprar mayores cantidades de las materias primas restantes con las consiguientes reducciones en sus costos.

3.- Sociedad.- Es muy importante que las materias primas que se emplean para la elaboración de los productos estén normalizadas, pero también es importante la normalización de los productos terminados sobre todo los que sean de consumo popular, porque de ésta forma la sociedad se verá favorecida, obteniendo productos que satisfagan sus necesidades y se sientan los consumidores con confianza de adquirirlos. Todo ésto redundará en beneficio de su economía ya que un producto elaborado conforme a una norma tiene muchas probabilidades de ser mejor de calidad que otro que se fabrique en forma improvisada y por lo tanto debe durar más, en ésta forma se protege el salario del consumidor reduciéndose la frecuencia con que adquiera el mismo producto y pueda comprar otros que necesite, y como también habrá un ahorro monetario, el nivel de vida de la sociedad será mayor.

La explosión demográfica de nuestro planeta, está originando un crecimiento de progresión geométrica de consumo y consecuentemente de la producción. Esto ocasiona que los países del mundo sean cada vez menos autosuficientes para satisfacer las demandas de consumo interno y tiendan a incrementar su comercio exterior, vendiendo sus excedentes de producción y comprando otros productos que satisfagan sus carencias nacionales y utilizando así las normas como instrumento para éstas transacciones, ya que por medio de ellas se puede regir la calidad de los productos.

Para un país como el nuestro que es más importador que exportador, es necesario que los productos que se compren se ajusten a una norma, pues hay que tomar en

cuenta que no siempre los productos comprados en el exterior son de mejor calidad que los productos que existen en el país o en otros lados.

Este comercio internacional se orienta ya hacia causas más técnicos. Para lograr transacciones más justas y equitativas se establecen y aplican normas internacionales, las cuales provienen de acuerdos técnicos a los que llegan distintos países para fijar niveles de calidad adecuados a los productos de intercambio comercial. Por ésta razón es necesario consultar las normas de otros países cuando se normaliza un producto para saber en que nivel nos encontramos.

Cualquiera que sea la posición de un país dentro del mercado mundial ya sea fundamentalmente exportador o importador, requiere una intervención en forma activa en la formulación de las normas internacionales a fin de proteger en lo posible sus propios intereses nacionales.

No es conveniente quedar al margen de los trabajos que realizan los diferentes organismos internacionales de normalización, ya que en el seno de ellos puede tomar se decisiones que en un momento dado lesionen los intereses nacionales. Ha ocurrido que las normas que deben cumplir los productos que concurren al mercado internacional contemplan peculiaridades características que eliminan a los productos de algún país, es muy importante que en las participaciones de México haya concordancia con sus normas nacionales o sea que hay que tomar en cuenta nuestras normas nacionales en las dis-

cusiones de las normas internacionales, para evitar fugas de divisas de nuestro país y reforzar su economía, es necesario elaborar las normas de las materias primas y de sus productos elaborados, para que en ésta forma se eviten las importaciones y se favorezcan las exportaciones.

LA NORMALIZACION INTERNACIONAL.- Ahora es el momento para que las organizaciones de normas se preparen para las futuras oportunidades que habrá para contribuir a el intercambio y comercio mundiales y a la superación de la producción nacional.

Quizás, nuestro primer desaffo, es hacer lo que podamos para mejorar las relaciones para una buena negociación internacional. No importa cuál sea la situación política, siempre habrá condiciones favorables para la elaboración de normas mundiales, si tenemos los recursos técnicos y financieros para hacer lo que se necesita.

Dada la gran implicación industrial aquí, y en otros países, está surgiendo un nuevo panorama. Los asistentes a las reuniones técnicas, parecen ahora más calificados para evaluar la forma como las normas afectan sus compañías e industrias y el significativo impacto de las mismas en el ambiente, seguridad, salud y en muchos otros factores que por muchos años estuvieron olvidados.

Si hoy lleva más tiempo lograr concenso internacional en las normas es quizás porque la gente pone más atención que antes. Lo que al impaciente le parece desper

dicio de tiempo, puede a la larga dar por resultado un mejor producto.

Existe una correlación entre el éxito de ciertos comités técnicos y el carácter comercial de las industrias que sirven. Por ejemplo, ya no es un misterio la razón por la que los comités que se encargan del petróleo, plásticos, fotografía, computadoras, automóviles y aviación, figuran entre los más productivos. Las industrias que deben satisfacer, son internacionales en su estructura y deben contar con normas internacionales en su estructura y deben contar con normas internacionales sólidas, si quieren lograr un intercambio mundial satisfactorio de artículos y servicios. Sucede lo contrario, con industrias cuyo carácter es primeramente nacionalista y donde la competencia es a muerte, mismas que tienen pocas esperanzas de lograr un consenso significativo. En el sistema de normas de los años ochenta, no sólo debe saberse cuándo iniciar un proyecto, sino también cuándo ya no es factible continuarlo. Nadie puede darse el lujo de arrojar dinero bueno al malo.

Esta práctica desanima a la gente, que debe motivarse para que apoye a la normalización internacional y participe en la misma.

Podemos considerar la opinión de una de las organizaciones de normas, que en éste caso será la de los alemanes (DIN), (5), ellos consideran que el sistema ideal se basaría en éstos preceptos: debe ser voluntario, no debe ser gubernamental, que debe haber solo un organismo internacional organizador o coordinador, además de éstas características obvias, podría haber di-



ficultad para lograr acuerdo entre grupos de normas, por lo que para lograr el éxito en cualquier sistema internacional significativo, es básico tomar decisiones sobre base de concenso y no de votación.

Por eso es recomendable que las normas internacionales se basaran en concenso internacional verificable y no en mayoría de votos.

A ésta recomendación agregaríamos que el concenso estaría de acuerdo con el criterio de los grupos de escrutinio que habría en el sistema.

El sistema ideal, o quizás la organización responsable de la administración del mismo, necesitara reconocer por completo sus limitaciones y oportunidades. El organismo nuevo no debe vivir, ni trabajar aislado de la comunidad internacional y del mundo verdadero del comercio internacional, y reconocer por ejemplo que:

1.-No debe haber duplicidad ni conflicto en los programas de organismos inter-gubernamentales. El organismo puede imitar a DIN, estableciendo ciertos campos de actividad y hacer que las autoridades inter-gubernamentales reconozcan su competencia por medio de convenio escrito.

2.-Hay pocas esperanzas para lograr un convenio válido para productos muy competitivos o que están evolucionando.

3.-A fin de solucionar las necesidades de los países tanto industrializados como en vías de desarrollo debe darse la oportunidad de elaborar normas con graduaciones variables.

4.- Se necesitará poner en órden dos o tres cosas para que las normas alcancen acuerdo internacional. Debe reconocerse, que hay muchas organizaciones internacionales y multinacionales que pueden alcanzar acuerdo inicial en un documento, mismo que deben presentar al nuevo organismo, para que lo estudien como norma internacional de concenso.

5.-Los métodos alternos para elaborar normas internacionales deben conocerse y utilizarse, ya que el método de comité, aunque tradicional, se lleva mucho tiempo y ocasiona muchos gastos para poder continuar siendo el único método internacional.

6.-Hay necesidad de normas internacionales y la seguirá habiendo, aún en condiciones ideales. Parece que la gran cantidad de normas que emplean los países industrializados, todavía se tiene que elaborar nacionalmente.

7.-El organismo internacional, no es el superior, sino el coordinador voluntario de cierto número de organizaciones nacionales confederadas.

8.-Debe haber un sistema eficaz y efectivo, para apelaciones y para el debido proceso legal que una autoridad independiente analice y certifique regularmente.

9.-Debe haber un organismo con autoridad en la nueva organización que sea responsable de la administración y coordinación, y una autoridad independiente para que apruebe las normas internacionales.

10.-El organismo gobernante de la nueva organización,

debe estar estructurado a modo de poder tomar decisiones finales basadas en el concenso internacional. Este organismo debé estar excento totalmente dle dominio de grupos individuales, o de organismos de normas nacionales.

Hay sin duda otros factores más que deben considerarse al contruir el sistema ideal de normas internacionales. Probablemente, hay muchos de ustedes que están pensando en otras cosas que se necesita, y tienen toda la razón, ya que existen infinidad de caminos o perspectivas para llegar a una normalización internacional total, aunque no inmediatamente.

## CAPITULO V.

### LA NORMALIZACION DEL PLASTICO RERFORZADO EN MEXICO.

En capítulos anteriores hemos analizado las características de los plásticos reforzados, así como los sistemas de fabricación que se siguen para elaborar los diversos artículos existentes en el mercado de todo esto se concluye que el plástico reforzado común, a base de fibra de vidrio y resina poliéster insaturada, es un material que a diferencia de otros materiales de construcción o fabricación es formulado por el mismo moldeador, en el momento mismo en que se produce un artículo dado, tratése de una embarcación, una carrocería, o una antena parabólica.

El moldeador completa la reacción de polimerización iniciada por el fabricante de la resina, provocando el entrecruzamiento de las cadenas de poliéster entre sí, a través de los puentes de estireno, mediante la acción de agentes endurecedores.

Un artículo de buena calidad será aquel fabricado a partir de materiales también de buena calidad y que han sido combinados adecuadamente siguiendo el proceso de fabricación más indicado para el caso. Entrando en juego en el resultado final, materiales, mezclado y procedimiento, éstos elementos hacen que diferentes moldeadores obtengan productos similares de muy distinta calidad, lo que necesariamente causa desconcierto entre los usuarios finales y desprestigio del material, que puede ser tan bueno y tan malo como lo sean sus materiales, su formulación y su forma de moldearlos.

En vista de lo anterior ha sido la preocupación de varios proveedores de materiales en México, así como de algunos fabricantes de artículos, el estandarizar o normalizar los productos de fibra de vidrio, tratando de definir cuales serán los requerimientos mínimos que deben llenar éstos artículos en cuanto a su uso.

En éste esfuerzo de normalización de artículos de fibra de vidrio se han considerado primeramente aquellos que revisten una importancia mayor por su volúmen en unidades o por que afectan en mayor grado al consumidor por una parte y por otra a la imágen del material.

Al iniciarse los trabajos en éste sentido, lo primero que saltó a la vista era que había de partirse de la estandarización de los materiales componentes de los productos, para poder pasar después a definir las características de éstos. Los únicos materiales que estaban normalizados eran los refuerzos de fibra de vidrio y la normalización databa de 10 años o más. Por lo tanto la primera fase del trabajo de normalización consistió en actualizar éstas normas de especificación sobre la fibra de vidrio, ampliandolas y complementandolas con las necesarias normas de prueba. En ésta forma quedaron actualizadas las normas de mechas (roving), fieltro o colchoneta, mecha tejida o petatillo y se agregó una más referente al hilo cortado, material que ha tenido un mayor consumo en los últimos 10 años con respecto a la decada anterior.

La segunda fase, fue normalizar el otro componente básico del plástico reforzado que es la resina poliéster insaturada, en sus tres modalidades principales:

resina ortoftálica de uso general, resina ortoftálica con aditivos retardantes a la llama, y resina isoftálica con aplicaciones de resistencia a la corrosión. En ésta segunda fase, también quedo lista la normalización de los plastiesmaltes, integrantes también de los artículos de plástico reforzado.

Estas normas hubieron de acompañarse de las correspondientes normas de prueba, de tal manera que a cada valor especificado de una propiedad dada, exista un método de prueba también normalizado con el cual poder verificar cada propiedad y constatar si cumple con el requerimiento mínimo que la norma de especificación señala.

Dentro de lo posible, los métodos de verificación escogidos han sido los más simples dentro de los existentes, con el fin de que el mayor número de usuarios, o sea las empresas moldeadoras, puedan ponerlos y usarlos en sus talleres.

Tanto en las normas de fibra como en las de resina, se tomaron como base las normas vigentes internacionales o de los países industrializados, amén de aquellas en vigor en algunos países latinoamericanos con experiencia insustrial similar a la nuestra. Si bien, las aportaciones originales son escasas se ha tratado de todas maneras que las normas se ajusten a las necesidades nuestras y que los valores señalados en las normas de especificación sean alcanzables por parte de los proveedores de materia prima, pero a la vez satisfagan los requerimientos mínimos de los manufactureros de partes, para que éstos puedan fabricar artículos de calidad aceptable y homogénea.

Los proyectos de normas se elaboran en comites por proveedores y consumidores que han sesionado en la misma Dirección de Normas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, así como en la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.

Los proyectos han sido enviados a aquellos usuarios que pudiendo tener interés en las normas respectivas no hayan asistido a las sesiones de elaboración de la misma, pidiéndose en ésta encuesta, o la anuencia o las sugerencias sobre posibles modificaciones.

Tomando en cuenta éstas observaciones y bajo la supervisión de los funcionarios de la Dirección de Normas, se elabora el documento definitivo que una vez aprobado por las autoridades de esa dirección, es finalmente publicado en el Diario Oficial de la Federación, asignándole un número de catálogo. La letra que antecede a éste número indica la sección a la que pertenece la materia prima, sea vidrio o sea producto químico como en el caso de las resinas.

Estas normas de materias primas son de carácter voluntario y su objetivo principal es el de proporcionar una herramienta de diálogo entre proveedor y moldeador en relación con los materiales que unos fabrican y los otros adquieren. Aceptando ambas partes el uso de esa herramienta que es la norma, puede entonces utilizarse la misma serie de pruebas para valorar el material, e incluso también recurrirse a una terciaria aceptada por los interesados para llegar a una definición en casos de resultados dispares.

Contando con las normas básicas sobre los materiales de mayor importancia cuantitativa, se vió que ya debía procederse a elaborar normas de productos, habiéndose seleccionado inicialmente por su importancia; la lámina acanalada para techado, los muebles sanitarios: tinajas y lavabos, los tinácos domésticos y las tuberías usadas en la industria química.

A la fecha, se han concluido y publicado en el Diario Oficial, la norma de especificación de la lámina acanalada para techado, con sus correspondientes normas de prueba y se tienen bastante adelantadas las de tinácos y muebles sanitarios.

Cuando la norma reviste un interés público especial como en el caso de los tinácos, se tiene la intervención de autoridades de la Procuraduría del Consumidor en la elaboración del documento a fin de salvaguardar los intereses de los usuarios.

Los problemas que deben superarse al elaborar una norma de éste tipo, es ante todo, contar con una documentación de respaldo adecuado, entendiéndose por ésta, las normas relacionadas con el tema que ya existan tanto a nivel nacional como internacional. Se trata ante todo, de no duplicar normas ya existentes y que aquellas que se elaboren tengan la aplicación más general posible, dentro de las limitaciones que la misma especialización impone. No es difícil que una norma, por ejemplo de la industria de pinturas, pueda utilizarse aquí, así como también se da el caso que un estándar generalizado para su aplicación dentro de la industria del plástico reforzado tenga uso en otro tipo de plásticos.



Aquellas normas extranjeras que no están en castellano deben traducirse por especialistas en el plástico reforzado más que por traductores profesionales, a fin de que la interpretación de los términos sea la correcta y se utilicen las equivalencias castellanas usuales en nuestro país.

Durante las reuniones de trabajo se hace necesario armonizar los requerimientos de los usuarios con las posibilidades técnicas de los proveedores, labor de bastante paciencia que corre a cargo de los funcionarios de la Cámara y de la Dirección de Normas. Ambas partes, proveedores y consumidores tienen que hacer concesiones para llegar al justo medio, que es la diferencia entre la especificación mínima y una especificación cualquiera. Es difícil a veces para los usuarios entender que ésta especificación de la norma no es más que el requerimiento mínimo que debe llevar el material y que está en perfecta libertad y derecho de negociar con el proveedor, una especificación particular en donde se reúnan las características exactas que éste usuario demanda. Esta negociación tiene que ir acompañada del correspondiente arreglo en precio, ya que el material puede tener un precio superior al común del mercado cuando los requerimientos del producto son diferentes también de lo usual.

La labor de los miembros industriales de los comités va complementada por la de los funcionarios de la Cámara y Dirección de Normas que regulan y vigilan que en la redacción se sigan los lineamientos de la llamada Norma de Normas, que establece cuales son éstos lineamientos, tanto de vista técnica como en el formato

y redacción. Así por ejemplo, se vigila que el Sistema Internacional de Medidas sea el utilizado, que se incluyan las necesarias gráficas o dibujos para mejor aclaración del contenido de la norma, se haga referencia a todas las demás normas nacionales pertinentes, se incluya la debida bibliografía, etc.

La labor culmina, con la revisión del material, esto por parte de las autoridades de la Dirección de Normas y la publicación del título y codificación en el Diario Oficial. Al no estarse ya publicando las normas completas, éstas deben ser consultadas por los interesados en la Dirección de Normas donde pueden obtenerse también copias de las mismas.

En el apéndice 1 se incluye una relación de las normas nacionales vigentes, relativas al plástico reforzado y temas afines que incluye a la vez algunas normas de otros países e internacionales sobre el mismo tema.

EJEMPLO DE PREPARACION DE UNA NORMA. (1) Dentro de las actividades de 1987, se encuentra la elaboración y discusión de un proyecto de norma sobre las características generales que debe reunir un artículo de plástico reforzado, independientemente de su tipo, pero centran dose en especial en el proceso de moldeo manual que es el más utilizado en la República Mexicana.

El objetivo que se persigue es el de contar precisamente con un lineamiento general sobre la fabricación de los artículos, ya que sería imposible hacer una norma para cada tipo de artículo en particular.

Siguiendo el procedimiento ya explicado y en preparación a la redacción del anteproyecto, se buscó la bibliografía sobre el tema, encontrándose varias normas bastante satisfactorias para el objetivo que se busca y que se complementan mutuamente: las normas ASTM 2562 y 2563 que se orientan particularmente hacia la definición de los posibles defectos en los productos de plástico reforzado, sus causas y correcciones, y la norma internacional ISO 4899 más inclinada hacia el aspecto de las propiedades mecánicas y otras que deben reunir éstos híbridos de resina-fibra de vidrio. Se considera que también será valiosa la ayuda que proporcione la consulta de la norma inglés BS 3496, que si bien se refiere al fieltro de refuerzo de fibra de vidrio, contiene una serie de pruebas muy interesantes sobre la facilidad y el grado de impregnación del fieltro con la resina o sea que tiene que ver con el comportamiento de éstos materiales básicos cuando se combinan. Por lo tanto, éstos métodos se relacionan también con ese aspecto básico de la fabricación de los artículos, que es el moldeo mismo.

Se están haciendo las traducciones de aquellas partes de interés a fin de ir integrando la norma nacional, y se aprovecha, al mismo tiempo que se traduce, para intentar ir adaptando los textos, a fin de seguir el formato de la ya citada "Norma de Normas"

Se trabaja de manera simultánea con la norma de especificación que contienen los parámetros o valores mínimos y con las referencias a las normas de prueba a seguir, muchas de éstas ya habían sido preparadas cuando se hicieron las normas de materias primas y de algunos pro-

ductos y que ahora se hacen entrar en juego de nuevo. Aquellas normas de prueba inexistentes actualmente, habrán de prepararse, sobre todo aquellas que se relacionan al aspecto ya citado de la saturación de la fibra con la resina, al momento del moldeo.

Aquellos diagramas que deberán formar parte de la norma de especificación o de las de prueba, se entregan al dibujante de la Cámara o de la Dirección de Normas para que los elabore en el formato correcto, con todas las indicaciones en idioma español y usando el Sistema Internacional de Medida.

Cada parte del proyecto, tanto de la norma de especificación como de las normas de prueba, se discutirán en el comité para alcanzar el concenso. Copias del proyecto aprobado serán enviadas a distintas partes del país a una serie de posibles interesados, moldeadores de piezas y proveedores de materia prima, para recabar comentarios y sugerencias de cambios, y después continuar el procedimiento tal como ya fué descrito, hasta culminar con la oficialización y publicación de la norma.

Un aspecto muy importante del que se ocupan los integrantes de los comites, es el de difusión de todos éstos documentos entre los usuarios y público en general, resaltando las ventajas de consultar las normas, no sólo como herramientas de diálogo técnico, sino también como fuente de información práctica sobre materiales, procesos y productos. Esta difusión ya se está llevando a nivel no sólo nacional, sino también en países de habla hispana, tanto los que tienen como los que aún no

poseen normas en éste renglón del plástico reforzado.

## CAPITULO VI.

### CONCLUSIONES.

El plástico reforzado, principalmente el que es a base de resina poliéster y colchoneta de fibra de vidrio, se fabrica en nuestro país por el sistema de moldeo manual o de contacto. De hecho éste proceso de contacto es el que se utiliza para fabricar más del 80% del total de las piezas en México y utiliza más del 50% del volumen de la fibra de vidrio destinada a elemento reforzante.

Como se describió en el presente trabajo, el sistema manual permite al fabricante de piezas formular la resina a su conveniencia, en particular en lo que se refiere al monómero de estireno y a las cargas. El abuso en la utilización de éstos productos dá origen a piezas de poca resistencia mecánica y que adolecen de otros defectos.

Se dá el caso también, que fabricantes no preparados técnicamente o bien poco escrupulosos, no utilicen la resina más adecuada para determinada aplicación, sino que utilicen simplemente la resina de menor precio que es la de uso general. Esto puede dar lugar, por ejemplo a piezas con grandes defectos de resistencia a la intemperie o a piezas que deban ser sometidas a la acción de sustancias corrosivas.

Se hace necesario, con el fin de establecer una buena práctica de fabricación a nivel nacional, el establecimiento de normas que si bien son voluntarias, pueden

servir de guía a usuarios y fabricantes para poder definir cuáles son los parámetros que rigen la calidad de las piezas y que es lo que debe entenderse por una calidad aceptable en éste tipo de materiales y productos.

Se incluye aquí una investigación sobre las normas ya existentes en éste campo que se listan en el apéndice respectivo.

Pudo constatar que los industriales del plástico reforzado vienen realizando un buen esfuerzo hacia la normalización de éste tipo de plásticos. El trabajo ha consistido en actualizar las normas referentes a las resinas. Actualmente se cuenta con la norma de producto relativa a la lámina acanalada y se está trabajando en las de muebles de baño (charolas de regaderas y lavabos), el trabajo hace referencia a otra norma en la que se está trabajando y que es una norma general sobre productos moldeados de fibra de vidrio, llamados generalmente laminados. Esta norma tiene por objeto cubrir todos aquellos artículos cuyo volumen no amerita la preparación de un estandar particular, además de servir de guía para la fabricación de los plásticos reforzados en general. Se tomó como ejemplo ésta norma para describir el procedimiento y los pasos que se han seguido y se siguen para preparar tales normas.

La primera parte de la tesis, es una recopilación de información respecto a los plásticos reforzados, sus propiedades y sistemas de fabricación. En ésta parte podrá el lector encontrar ampliamente soportada la argumentación de éste trabajo, en el sentido de que es indispensable y urgente elevar los estándares de cali-

dad del material resultante de la combinación poliéster-fibra de vidrio.

Es satisfactorio poder constatar que los trabajos de normalización de éstos productos siguen adelante, pero queda mucho por hacer en el aspecto de difusión de éstos documentos. Esta difusión debe redundar en el beneficio de usuarios, de fabricantes y del prestigio del material en general. Esto es cierto, no sólo para el caso de los plásticos reforzados, sino también para muchos otros productos que se fabrican en nuestro país sin seguir una estandarización adecuada.

La normalización de tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) es un ejemplo de como se logró el consenso entre los fabricantes nacionales de tubos, y los documentos preparados vienen normando de forma satisfactoria la producción de éstas tuberías, cuyo nivel de calidad resulta muy aceptable, no sólo a nivel nacional, sino también internacional. La mejor prueba de ello, es la aceptación que tienen éstos artículos en el extranjero puesto que han logrado volúmenes de exportación bastante importantes, vemos aquí como la normalización acerca incluso a los competidores entre sí y les permite ofrecer un artículo más homogéneo en el mercado. Este grupo de industriales, agrupados en AMITUBE (Asociación Mexicana de Industriales de Tubería), son realmente un ejemplo a seguir para las otras industrias nacionales del plástico.

Se tiene la confianza que el presente trabajo en alguna forma colabore a la divulgación y aceptación de las normas en el campo nacional de los plásticos, en particular en el de los reforzados.



## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- VITRO FIBRAS, S.A. MEX.D.F.  
Diversos catálogos técnicos.
- 2.- OWERNS CORNING FIBERGLASS CORP.  
Toledo Ohio. Estados Unidos de América.  
Diversos catálogos técnicos.
- 3.- TESIS PROFESIONAL.  
Diseño de Equipo para la Industria en Poliéster Re  
forzado con Fibra de Vidrio.  
Ing. Luis Daniel Saloma Robles.
- 4.- POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y SUS APLI  
CACIONES .  
Sociedad Química de México. A.C. 1981.
- 5.- SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.  
Dirección de Normas.  
Publicaciones Varias.
- 6.- ENCICLOPEDIA DE LA REVISTA MODERN PLASTICS.  
Edición 1980-1981.
- 7.- LA TECNICA DEL MOLDEO MANUAL DE ARTICULOS DE FIBRA  
DE VIDRIO.  
Antonio Trejo Castro.
- 8.- LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO.  
Dulio Arsié.  
Editorial America Lee. Buenos Aires. Argentina.
- 9.- RESINAS POLIESTER Y PLASTICOS REFORZADOS.  
Ing. Felipe Parrilla Corzas.  
México, D.F. 1986.

APENDICE 1.

INDICE DE NORMAS RELATIVAS AL PLASTICO REFORZADO.

REFUERZOS. (FIBRA DE VIDRIO)

EXTRANJERAS.

I. ISO. (Internacional)

1.- Mechaz (roving). Norma General.	2797
2.- Hilo. Clasificación.	2078
3.- Hilo. Especificación.	3598
4.- Mecha tejida (petatillo). General.	2113/81
5.- FieItros de fibras contínuas o cor- tadas. Especificaciones.	2559/80
6.- Fibra de vidrio. Hilo. Muestreo.	1886/80
7.- Dimensiones de telas de fibra de vidrio.	5025/78
8.- Espesor de telas de fibra de vidrio.	4603/78
9.- Fibra de vidrio. Contenido de hume- dad.	3344.1 3344.2
10.- Diametro promedio de hilo.	1888
11.- Densidad lineal de mechas e hilos.	1889
12.- FieItros. Resistencia a la ruptura.	DIS 3342
13.- Masa por unidad de superficie de telas de fibra de vidrio.	3374/80
14.- Masa por unidad de superficie de fieItros de fibra de vidrio.	4605
15.- Hilo. Contenido de materia combus- tible.	1887
16.- Rigidez del roving.	3375

17.- Tex. Densidad Lineal.	1144
18.- Tensión en telas por agarre.	5082
19.- Tensión en telas por cinta o banda. General.	5081
20.- Tensión en telas de fibra de vidrio.	4606/79
21.- Tensión de hilos de fibra de vidrio.	3341.2
II. ASTM. (Norteamericana)	
1.- Mecha tejida, petatillo. Norma General.	D 2150/81
2.- Tensión de telas de fibra de vidrio.	D 1682/75
3.- Tensión de hilo textil. General.	D 2256/80
4.- Tensión hilos de fibra de vidrio.	D 2343/79
5.- Tubos de plástico reforzado embo- binados.	D 2996/71
6.- Tubos de plástico reforzado embo- binados.	D 2997/77
III. BS. (Británicas)	
1.- Mechass (roving). Norma General.	3691/69
2.- Fieltrss de fibras continuas ó cortadas. Especificaciones.	3496
IV. NF. (Francésas)	
1.- Tubos de plástico reforzado. Dimensiones.	T 57-203/85
V. INCOTEC. (Colombianas)	

1.- Mechas (roving). Norma general. 1024

VI. MIL-C. (Militares Norteamericanas).

1.- Mecha tejida (petatillo). Norma general. 19663-C

NACIONALES.

I. NOM.

- |  |          |
|--|----------|
| 1.- Acondicionamiento de fibra de vidrio y productos textiles.                               | A 110/67 |
| 2.- Mechas (roving). Norma general.  | P 14/82  |
| 3.- Mecha tejida (petatillo). Norma general.   | P 57/83  |
| 4.- Telas de vidrio. Espesor.  | A 91/66  |
| 5.- Fielto de fibra de vidrio. Especificaciones.   | P 15/85  |
| 6.- Hilo. Especificaciones.  | P 11/84  |
| 7.- Espesor de telas de fibra de vidrio.   | A 91/76  |
| 8.- Tensión de telas de fibra de vidrio. Tracción.   | A 59/64  |
| 9.- Masa por unidad de área. Densidad superficial en materiales de fibra de vidrio. General. | P 57/83  |
| 10.- Sólidos totales en fibra de vidrio. Perdidas por ignición.                              | P 61/83  |
| 11.- Tensión un sólo hilo textil. General.   | A 69/77  |
| 12.- Tensión fieltros (colchoneta).  | P 62/85  |
| 13.- Densidad aparente de fieltros.  | P 58/84  |

RESINAS LIQUIDAS.

EXTRANJERAS.

I. ISO (Internacionales).

1.- Resinas poliéster. Valor ácido.	2114
2.- Resinas poliéster insaturadas. Tiempo de gelado a 25° C.	2535
3.- Solubilidad en estireno del aglutinante de la colchoneta.	2558/74
4.- Oxidrflico valor (hidroxflico).	2554

NACIONALES.

I. NOM (Nacionales).

1.- Resinas poliéster. Tiempo de gelado, curado, exotermia máxima. Resistencias mecánicas.	E 153/84
2.- Valor ácido en resinas poliéster.	E 151/84
3.- Sólidos en resinas poliéster.	E 152/84
4.- Resinas poliéster ortoftálicas.	E 154/84
5.- Resinas poliéster isoftálicas.	E 159/85
6.- Resinas poliéster isoftálicas. Contenido de humedad.	E 155/84

RESINAS ENDURECIDAS Y LAMINADOS RESINA-FIBRA DE VIDRIO.

EXTRANJERAS.

I. ISO (Internacionales).

- |   |         |
|---|---------|
| 1.- Páneos plástico reforzado. Preparación para prueba.   | 1268/74 |
| 2.- Pérdida por ignición plásticos.   | 1172    |
| 3.- Combustibilidad de plásticos (pequeños especímenes y flama pequeña).                              | 1210/82 |
| 4.- Combustibilidad en contacto con barra incandescente.  | 181/81  |
| 5.- Intemperie. Rajado de plásticos bajo carga a la intemperie. (Método de bola o impresor de aguja). | 4600/81 |
| 6.- Intemperie. Rajado de plásticos bajo carga a la intemperie. (Método de la carga constante).       | 6252/81 |

II. ASTM. (Norteamericana).

- |  |          |
|--|----------|
| 1.- Combustibilidad. Comportamiento superficial de materiales de construcción. | E 84/81  |
| 2.- Combustibilidad de materiales de construcción usando un tunel de 8 pies.   | E 286/75 |
| 3.- Combustibilidad por contacto con elemento incandescente.                   | D 757/77 |
| 4.- Combustibilidad de plásticos en posición horizontal.                       | D 635/81 |

- |  |           |
|--|-----------|
| 5.- Compresión. Resistencia de plásticos rígidos.                | D 695/84  |
| 6.- Dureza Barcol.   | D 2583/81 |
| 7.- Flexión. Resistencia de plásticos reforzados y sin refuerzo. | D 790/81  |
| 8.- Oxígeno, índice de plásticos.                                | D 2863/77 |
| 9.- Defectos de plásticos reforzados, clasificación visual.      | D 2562/85 |
| 10.- Defectos en laminados de plásticos reforzados.              | D 2563/77 |

### III. NF. (Francesa).

- |   |             |
|---|-------------|
| 1.- Rayadura en plásticos. Resistencia. | T 54-005/62 |
|---|-------------|

### NACIONALES.

#### I. NOM (Nacionales)

- |  |          |
|--|----------|
| 1.- Resinas poliéster. Resistencia química.              | E 158    |
| 2.- Resinas poliéster. Resistencia química.              | E 188/85 |
| 3.- Intemperismo de plásticos. (Lámparas ultravioletas). | E 160/85 |
| 4.- Intemperismo. Laminados plásticos.                   | E 163/85 |
| 5.- Brillo superficial en plásticos.                     | E 77/79  |
| 6.- Compresión. Resistencia en plásticos.                | E 83/79  |
| 7.- Combustibilidad en plásticos rígidos.                | E 25/68  |

- |   |         |
|---|---------|
| 8.- Dureza Barcol.                          | E 150   |
| 9.- Flexión. Resistencia en plásti<br>cos.  | E 88/79 |
| 10.- Tensión. Resistencia en plásti<br>cos. | E 82/79 |



ARTICULOS TERMINADOS DE PLASTICO REFORZADO Y FIBRA DE VIDRIO.

EXTRANJERAS.

I. ISO. (Internacionales).

- |  |           |
|--|-----------|
| 1.- Lámina plana decorativa de plástico termofijo especial. Especificaciones.    | 4586.1/81 |
| 2.- Lámina plana decorativa de plástico termofijo. Determinación de propiedades. | 4586.2/81 |
| 3.- Laminados planos de plástico reforzado. Preparación para prueba.             | 1268/74   |

II. ASTM. (Norteamericanas).

- |   |           |
|---|-----------|
| 1.- Páneles planos y corrugados de plástico reforzado.      | D 3841/80 |
| 2.- Laminados transparentes. Irregularidades superficiales. | D 637/77  |
| 3.- Laminados acanalados de plástico reforzado.             | D 1502/80 |

III. NBS. (Norteamericanas).

- |   |           |
|---|-----------|
| 1.- Equipos de proceso resistentes a la corrosión. Moldeados en forma manual. | PS 515/69 |
|---|-----------|

IV. NF. (Francesas).

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1.- Láminas acanaladas de plástico |  |
|------------------------------------|--|

reforzado. Resistencia a la flexión bajo carga repartida.

P 38-504/84

2.- Páneles para interiores. Carros de transporte.

281 B

V. UNE. (Españolas).

1.- Páneles planos y corrugados de plástico reforzado.

53-301/75

VI. INCOTEC. (Colombianas).

1.- Láminas acanaladas de fibra de vidrio. Especificaciones.

1003

NACIONALES.

I. NOM (Nacionales).

1.- Laminados de plástico reforzado.

P /85

2.- Láminas acanaladas de plástico reforzado. Resistencia a la carga transversal.

E /86

3.- Difusión luminosa de láminas de plástico reforzado.

E 163/85

4.- Impacto con esfera en laminados de plástico reforzado decorativos.

E 58/70

5.- Láminas acanaladas de asbesto-cemento.

C 27/82

6.- Cascos de seguridad.

S 52/82

7.- Tinacos de asbesto-cemento.

C 29/53

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>RESINAS TERMOFIJAS</u>	<u>% FV EN PESO</u>	<u>RESIST. FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. FLEXION MPA</u>	<u>MODULO FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO FLEXION MPA</u>	<u>% ELONG. ULTIMO</u>
Compuesto moldeo SMC para prensa	15-30	1,267 a	124 a	98,580 a	9,716 a	0.3 a
		2,112	208	140,800	13,880	1.5
Compuesto moldeo BMC para prensa	15-35	704 a	69 a	98,580 a	9,716 a	0.3 a
		2,464	242	140,800	13,880	0.5
Preforma/fieltro para prensa	25-50	704 a	69 a	91,500 a	9,022 a	1 a
		2,816	278	126,800	12,390	2
Moldeo en Frfo/Poliéster	20-30	1,549 a	152 a	91,500 a	9,022 a	1 a
		2,606	265	133,800	13,180	2
Aspersión/poliéster	30-50	1,127 a	111 a	70,400 a	6,949 a	1 a
		1,972	194	84,500	8,330	1.2
Enbobinado/epoxi	30-80	7,042 a	694 a	52,100 a	5,111 a	1.6 a
		19,000	1,873	492,900	48,580	2.8
Barra Poliéster	40-80	7,042 a	694 a	281,700 a	27,760 a	1.6 a
		12,676	1,240	422,500	41,640	2.5
Compuesto fenólico para prensa	5-24	1,268 a	1,242 a	211,200	20,820	.25 a
		1,690	166			.60

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>RESINAS TERMOPLASTICAS</u>	<u>RESIST. TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. TENSION MPA</u>	<u>MODULO TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO TENSION MPA</u>	<u>RESIST. COMPRESION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. COMPRESION MPA</u>
Compuesto moldeo SMC para prensa	563 a	55 a	112,600 a	11,100 a	1,056 a	104 a
	1,408	139	176,000	17,350	2,112	208
Compuesto moldeo BMC para prensa	282 a	28 a	112,600 a	11,100 a	1,408 a	139 a
	704	69	176,000	17,350	2,112	208
Preforma/fieltro para prensa	1,761 a	173 a	63,380 a	6,240 a	1,056 a	104
	2,113	208	140,840	13,880	2,112	208
Moldeo frío/poliéster	845 a	83 a	---	---	---	---
	1,408	139				
Aspersión/poliéster	634 a	62 a	56,300 a	5,500 a	1,056 a	104 a
	1,268	125	126,750	12,490	1,760	174
Enbobinado/epoxi	5,634 a	555 a	281,700 a	27,700 a	2,110 a	206 a
	49,290	4,835	633,780	62,400	4,930	486
Barra poliéster	4,225 a	416 a	281,680 a	27,700 a	2,110 a	206 a
	12,675	1,249	422,520	41,600	4,930	486
Compuesto fenólico para prensa	493 a	49 a	183,100 a	18,000 a	985 a	97 a
	11,970	118	204,220	20,120	2,456	240

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIRIO

RESINAS TERMOFIJAS	RESIST. IMPACTO m-Kg/cm ran.	CONDUCT. TERMICA Kcal-m/h-m <sup>2</sup> -C	GRAVED. ESPEC.	TEMP. DISTORSION A 184 MPA°C	RESIST. CALOR °C	COEF. TERM. CALOR. cm/cm Cx10 <sup>-5</sup>
Compuesto moldeo SMC para prensa	0.44 a	0.1612 a	1.7 a	204 a	149 a	1.44 a
	1.21	0.2108	2.1	260	204	2.16
Compuesto moldeo BMC para prensa	0.11 a	0.1612 a	1.8 a	204 a	149 a	1.44 a
	0.55	0.2180	2.1	260	204	2.16
Preforma/fieltro para prensa	0.55 a	0.1612 a	1.5 a	177 a	65 a	1.80 a
	1.10	0.2232	1.7	204	204	3.24
Moldeo en frío/poliéster	0.49 a	0.1612 a	1.5 a	177 a	65 a	1.80 a
	0.66	0.2232	1.7	204	204	3.24
Aspersión/poliéster	0.22 a	0.1488 a	1.4 a	177 a	65 a	2.16 a
	0.66	0.1984	1.6	204	177	3.60
Embobinado/epoxi	2.20 a	0.2380 a	1.7 a	177 a	260 a	0.36 a
	3.30	0.2827	2.2	204	65	1.08
Barra poliéster	2.47 a	0.2380 a	1.6 a	163 a	65 a	0.54 a
	3.30	0.2827	2.0	190	260	1.44
Compuesto fenólico	0.05 a	0.1364 a	1.7 a	204 a	163 a	0.81 a
	0.33	0.2480	1.9	260	177	1.62

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

RESINAS	% FV EN	RESIST.	RESIST.	MODULO	MODULO	%
TERMOPLASTICAS	PESO	FLEXION	FLEXION	FLEXION	FLEXION	ELONG.
		$Kg/cm^2$	MPA	$Kg/cm^2$	MPA	ULTIMO
Acetal	20-40	1,056 a	104 a	56,300 a	5,550 a	2
		1,971	194	91,500	9,020	
Nylon	6-60	493 a	48 a	14,100 a	1,388 a	2 a
		3,521	347	183,000	18,040	10
Policarbonato	20-40	1,297 a	118 a	52,800 a	5,205 a	2
		2,113	208	105,600	10,410	
Polietileno	10-40	493 a	48 a	14,800 a	1,460 a	1.5 a
		845	83	42,400	4,160	3.5
Polipropileno	20-40	493 a	48 a	24,600 a	2,429 a	1 a
		775	76	57,700	5,690	3
Poliestireno	20-35	704 a	69 a	56,300 a	5,550 a	1 a
		1,197	117	84,500	8,328	1.4
Polisufona	20-40	1,497 a	146 a	56,300 a	5,550 a	2 a
		1,901	187	105,600	10,400	3
PVC	20-40	1,408 a	138 a	65,400 a	6,240 a	2 a
		1,761	173	112,700	11,100	4

Oxido de Polimefileno	20-40	1,193 a 2,176	117 a 214	56,160 a 105,300	5,520 a 10,350	1.7 a 5
Poliéster Termoplástico	20-35	1,334 a 2,036	131 a 200	61,000 a 105,300	6,003 a 10,350	1 a 5

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>RESINAS TERMOPLASTICAS</u>	<u>RESIST. TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. TENSION MPA</u>	<u>MODULO TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO TENSION MPA</u>	<u>RESIST. COMPRESION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. COMPRESION MPA</u>
Acetal	634 a 1,268	62 a 125	56,340 a 105,630	5,550 a 10,400	774 a 1,197	76 a 118
Nylon	915 a 2,324	90 a 229	14,100 a 141,000	1,390 a 13,880	915 a 1,690	90 a 167
Policarbonato	845 a 1,761	83 a 174	52,800 a 119,700	5,200 a 11,800	990 a 1,690	97 a 167
Polietileno	458 a 775	45 a 76	28,100 a 63,380	2,780 a 6,250	280 a 560	27 a 56
Polipropileno	493 a 739	38 a 72	31,700 a 63,380	3,120 a 6,250	950 a 1,340	91 a 131
Polisulfona	915 a 1,408	90 a 139	105,630	10,400	1,480 a 1,830	145 a 180
Poliestireno	704 a 1,056	69 a 104	59,100 a 84,500	5,830 a 8,400	950 a 1,340	91 a 131
PVC	986 a 1,263	97 a 125	70,400 a 126,750	6,940 a 12,490	940 a 1,410	93 a 138



Oxido de Polifenileno	1,053 a	103 a	66,690 a	6,555 a	1,264 a	124 a
	1,544	152	105,300	10,350	1,400	138
Poliester Termoplástico	983 a	96 a	91,260 a	8,970 a	1,123 a	110 a
	1,334	131	108,800	10,700	1,264	124

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>RESINAS TERMOPLASTICAS</u>	<u>RESIST. IMPACTO m-Kj/cm ranura</u>	<u>CONDUCT. TERMICA Kcal-m/h-m<sup>2</sup>-C</u>	<u>GRAVED. ESPEC.</u>	<u>TEMP. DISTORSION A 184 MPA °C</u>	<u>RESIST. CALOR °C</u>	<u>COEF. TERM. CALOR. cm/cm Cx10<sup>-6</sup></u>
Acetal	0.044 a	---	1.55 a	157 a	85 a	3.42 a
	0.154		1.69	168	104	6.30
Nylon	0.044 a	---	1.47 a	149 a	149 a	1.98 a
	0.247		1.70	260	209	3.78
Policarbonato	0.082 a	---	1.24 a	140 a	135	2.16 a
	0.192		1.52	149		3.24
Polietileno	0.066 a	---	1.16 a	65 a	138 a	3.06 a
	0.220		1.28	93	149	4.86
Polipropileno	0.055 a	---	1.04 a	110 a	149 a	2.88 a
	0.220		1.22	149	160	4.32
Poliestireno	0.022 a	---	1.20 a	93 a	82 a	3.06 a
	0.247		1.29	104	93	3.96
Polisulfona	0.071 a	---	1.38 a	167 a	---	2.16 a
	0.137		1.55	177		3.06
PVC	0.044 a	---	1.45 a	68 a	---	2.16
	0.088		1.63	74		

Oxido de Polifenileno	0.088 a	---	1.20 a	104 a	115 a	1.80 a
	0.121		1.38	157	129	3.60
Poliéster Termoplástico	0.055 a	0.1612	1.45 a	193 a	135 a	4.32 a
	0.485		1.61	243	190	5.94

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>TERMOPLASTICOS</u>	<u>RESIST. FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. FLEXION MPA</u>	<u>MODULO FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO FLEXION MPA</u>	<u>% ELONG. ULTIMO</u>
Acetal	915 a 985	34 a 123	28,168	2,777	25 a 66
Nylon	352 a 1,267	34 a 124	14,084 a 28,168	1,388 a 2,777	29
Policarbonato	915	90	21,126	2,083	100 a 130
Polietileno	---	---	4,929 a 18,309	486 a 1,805	30 a 900
Polipropileno	352 a 363	34 a 55	8,450 a 19,013	833 a 1,874	200 a 700
Poliestireno	211 a 704	20 a 69	7,042 a 35,210	694 a 3,472	15 a 30
Polisulfona	105	10	28,168	2,777	50 a 100
PVC	915	90	28,169	2,777	---

Oxido de Polifenileno

1,056

104

28,169

2,777

50 a  
100

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>TERMOPLASTICOS</u>	<u>RESIST. TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. TENSION MPA</u>	<u>MODULO TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO TENSION MPA</u>	<u>RESIST. COMPRESION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. COMPRESION MPA</u>
Acetal	563 a 704	55 a 69	28,168 a 35,210	2,777 a 3,472	70	34
Nylon	633	62	14,084 a 35,210	1,388 a 3,472	492 a 704	48 a 69
Policarbonato	633 a 774	62 a 76	24,647	2,430	845	83
Polietileno	281	27	4,225 a 10,563	416 a 1,041	190 a 253	18 a 24
Polipropileno	211 a 352	20 a 34	8,450	833	260 a 563	25 a 55
Poliestireno	211 a 704	20 a 69	14,084 a 28,168	1,388 a 2,777	281 a 633	27 a 62
Polisulfona	704	70	25,351	2,499	985	97
PVC	464 a 492	40 a 48	28,168	2,777	---	---
Oxido de Polifemileno	704	69	26,055	2,569	1,056	104

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>TERMOPLASTICOS</u>	<u>RESIST. IMPACTO</u> <u>m-Kg/cm ran.</u>	<u>GRAVED. ESPEC.</u>	<u>TEMP. DISTORSION</u> <u>A 184 MPA °C</u>	<u>RESIST. CALOR</u> <u>°C</u>	<u>COEF. TEMP CALOR</u> <u>cm/cm°Cx10<sup>-5</sup></u>
Acetal	0.066 a 0.126	1.42	110 a 124	85 a 104	8.10
Nylon	0.055 a 0.220	1.12 a 1.14	49 a 66	121 a 149	9.90 a 11.34
Policarbonato	0.880	1.20	129 a 144	135	7.02
Polietileno	0.033 a 1.100	0.95	37 a 54	82 a 110	1.08
Polipropileno	0.027 a 1.10	0.90	51 a 60	87 a 116	6.84
Poliestireno	0.038 a 0.198	1.05	79 a 96	66 a 82	3.96 a 10.00
Polisulfona	0.071	1.24	173	149 a 174	5.58
PVC	0.110 a 1.100	1.40	68 a 74	---	---

Oxido de Polifenileno

0.082 a  
0.124

1.06

190

---

5.40

Referencia (2)



PROPIEDADES DE LOS METALES

<u>METALES</u>	<u>RESIST. FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. FLEXION MPA</u>	<u>MODULO FLEXION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO FLEXION MPA</u>	<u>RESIST. COMPRESION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. COMPRESION MPA</u>
Fierro colado gris	704	69	No Disponibile	No Disponibile	1,760	173
Acero inoxidable	2,112 a 2,464	208 a 243	1'971,760	194,432	2,112	208
Aluminio Forjado	1,408	138	704,200	69,440	No Disponibile	No Disponibile
Aluminio de fundición	563 a 1,830	55 a 180	704,200	69,440	633	62
Magnesio de fundición	985	97	457,730	45,136	704 a 985	69 a 97
Cinc de fundición	No Disponibile	No Disponibile	No Disponibile	No Disponibile	No Disponibile	No Disponibile
Bronce común	985	97	1'056,300	104,160	No Disponibile	No Disponibile

PROPIEDADES DE LOS METALES

<u>METALES</u>	<u>RESIST. TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>RESIST. TENSION MPA</u>	<u>MODULO TENSION Kg/cm<sup>2</sup></u>	<u>MODULO TENSION MPA</u>	<u>% ELONG. ULTIMO</u>
Fierro colado gris	1,056 a 2,112	104 a 208	845,040	83,328	1
Acero inoxidable	2,112 a 2,464	208 a 243	1'971,760	194,432	50 a 60
Aluminio Forjado	422 a 1,901	41 a 187	704,200	69,440	30 a 40
Aluminio de fundición	563 a 1,830	55 a 180	704,200	69,440	6 a 8
Magnesio de fundición	563 a 2,112	55 a 208	457,730	45,136	4 a 6
Cinc de fundición	704 a 1,760	69 a 133	No Disponible	No Disponible	10
Bronce común	985	97	1'056,300	104,160	60 a 65



PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO  
 PROPIEDADES QUIMICAS

<u>RESINAS TERMOPLASTICAS</u>	<u>ACIDOS DEBILES</u>	<u>ACIDOS FUERTES</u>	<u>BASES DEBILES</u>	<u>BASES FUERTES</u>	<u>SOLVENTES ORGANICOS</u>
Compuesto moldeo SMC para prensa	G - E	F	F	P	G - E
Compuesto moldeo BMC para prensa	G - E	F	F	P	G - E
Preforma/fieltro para prensa	G - E	F	F	P	G - E
Moldeo en frio/poliéster	G - E	F	F	P	G - E
Aspersión/poliéster	G - E	F	F	P	G - E
Entobinado/epoxi	E	F	E	G	E
Barra poliéster	G - E	F	F	F	G - E
Compuesto fenólico para prensa	F	P	F	P	F

E = Excelente

G = Bueno, Aceptable.

F = Prueba antes de usarse.

P = NO Recomendable

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO  
PROPIEDADES QUIMICAS

<u>RESINAS TERMOPLASTICAS</u>	<u>ACIDOS DEBILES</u>	<u>ACIDOS FUERTES</u>	<u>BASES DEBILES</u>	<u>BASES FUERTES</u>	<u>SOLVENTES ORGANICOS</u>
Acetal	F	F	F	P	E
Nylon	G	P	W	F	G
Polycarbonato	E	G <sup>2</sup>	G	F	P <sup>4</sup>
Poli(etileno)	E	G <sup>2</sup>	E	E	G <sup>7</sup>
Poli(propileno)	E	G <sup>2</sup>	E	E	G <sup>7</sup>
Poli(estireno)	E	G <sup>2</sup>	G	G	P <sup>4</sup>
Poli(sulfona)	F	E	E	E	G
PVC	E	G <sup>2</sup>	E	E	P <sup>5</sup>
Oxido de polifenileno	E	E	E	E	G <sup>8</sup>
Poliéster Termoplástico	E	P	P	P	E

PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

<u>TERMOPLASTICOS</u>	<u>ACIDOS DEBILES</u>	<u>ACIDOS FUERTES</u>	<u>BASES DEBILES</u>	<u>BASES FUERTES</u>	<u>SOLVENTES ORGANICOS</u>
Acetal	F	P	F	P	E
Nylon	G	P	E	F	G
Policarbonato	E	G <sup>2</sup>	G	F	P <sup>4</sup>
Polietileno	E	G <sup>2</sup>	E	E	P <sup>4</sup>
Polipropileno	E	G <sup>2</sup>	E	E	G <sup>7</sup>
Poliestireno	E	G <sup>2</sup>	G	G	P <sup>4</sup>
Polisulfona	E	E	E	E	G
PVC	E	E	E	E	P <sup>5</sup>
Oxido de Polifemileno	E	E	E	E	G <sup>9</sup>

NOTA:

1. Mayor resistencia a los ácidos con uso de resinas resistentes a la corrosión.
2. Atacado por oxidación de ácidos.
3. Se desintegran en Acido Sulfúrico.
4. Soluble en hidrocarburos aromáticos y clorados.
5. Soluble en cetonas y estéres, hidrocarburos aromáticos y clorados.
6. Soluble en cetonas y estéres diluidos en alcohol.
7. Inferior a 80°C.
8. Diluidos en algunos compuestos alifáticos aromáticos y clorados. Resistencia al alcohol.
9. Soluble en algunos compuestos alifáticos aromáticos y clorados. Resistencia al alcohol.

Referencia (2)

PROPIEDADES DE LOS METALES  
PROPIEDADES QUIMICAS

METALES

Fierro colado gris.	Corroído por agua, oxígeno y soluciones de sales, no recomendable para resistir ácidos y aceptable para resistir bases.
Acero inoxidable.	No recomendable para resistir ácidos, (especialmente ácido clorhídrico y sulfúrico), no recomendable para resistir soluciones cloradas, y buena resistencia a bases y solventes orgánicos.
Aluminio forjado.	No recomendable para resistir ácidos, (especialmente ácido clorhídrico), no recomendable para resistir soluciones cloradas (pueden ser químicamente tratadas en su apariencia cuando son expuestas a la intemperie.)
Aluminio de fundición.	No recomendable para resistir ácidos, (especialmente ácido clorhídrico y sulfúrico), no recomendable para resistir sales cloradas (pueden ser químicamente tratadas en su apariencia cuando son expuestas a la intemperie).
Magnesio de fundición.	No recomendable para resistir ácidos (excepto Acido fluorhídrico), aceptable para resistir bases, corroído en presencia de sales o atmósferas industriales.
Cinc de fundición.	No aceptable para resistir ácidos y bases fuertes, no aceptable para resistir vapor, buena resistencia a la atmósfera.



**Bronce común.**

**Buena resistencia a la atmósfera, no recomendable para resistir aguas blandas y aguas con alta salinidad.**

**Referencia (2).**

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DEL PLASTICO REFORZADO  
CON LAS DE LA MADERA

(Poliéster reforzado con 25-30% de fibra de vidrio de  
disposición multiorientada, o sea fieltro saturado en  
forma manual).

<u>PROPIEDAD</u>	<u>PLASTICO REFORZADO 25-30%FV</u>	<u>NOGAL . SECO . 12% Hum.</u>	<u>PINO PONDEROSA 12% Hum.</u>
Densidad específica		0.69	0.42
Resistencia flexión Kg/cm <sup>2</sup>	2000	1148	648
Módulo flexión Kg/cm <sup>2</sup>	92,500	125,348	88,730
Compresión límite de proporcionalidad		144 perpendicular al hilo	740 perpendicular al hilo
Compresión. Resisten- cia al aplastamiento Kg/cm <sup>2</sup>	1078 a 1700	580	371
Resistencia máxima a la tensión Kg/cm <sup>2</sup>	715 a 1000		28 Perpendicular al hilo
Resistencia al esfuerzo cortante Kg/cm <sup>2</sup>	Perp. 663 Paralelo. 707 Interlam. 196	146	82

Referencia (2)