

Nuevos materiales y nuevas técnicas en el arte. Materiales de refuerzos en los plásticos.

Rafael Spínola Romero



1. Materiales de refuerzo en los plásticos

Los plásticos reforzados están formados por mezclas de polímeros resinosos (foto 1) y materiales de refuerzos, como la fibra de vidrio (f.v.); la combinación de ambas da lugar a un material con unos valores superiores a cualquiera de los llamados tradicionales: la madera, cemento, piedra, etc,...y a los metales, a todos ha reemplazado.

En la actualidad, estos plásticos reforzados son utilizados en casi todos los campos de la actividad humana, debido a sus amplias posibilidades de empleo y a reunir una serie de ventajas basadas en unas propiedades excepcionales de orden físico- químico, mecánico y eléctrico.

Los plásticos reforzados con fibra de vidrio (G.R.P.) (1R), es un material compuesto en el que tendremos que considerar que cada clase de resina y cada tipo de refuerzo tienen sus propias características, por lo que podemos decir que los G.P.R. serán el resultado de una serie de factores y elementos que se combinarán de formas y proporciones variables, que nos modificarán y determinarán unas posibilidades de utilización.

Entre estos factores y elementos modificadores tendremos:

- 1) Orientación de los refuerzos y el tipo de estos refuerzos que usemos.
- 2) Cantidad de fibra que utilizamos y relación de vinculación con el tipo de resina que pongamos.
- 3) El tipo de resina que usemos debe de ofrecer: resistencia química y a la interperie.
- 4) Las cantidades que utilicemos, el tipo de carga y aditivos que influirán sobre varios aspectos como: color, contracción, etc., de una forma determinada.



1. 1. Fibras naturales y químicas

“La fibra textil está compuesta de filamentos o fibrillas muy finas. Cada fibrilla consta de moléculas gigantes, llamadas macromoléculas (1). Estas están formadas por un gran número de átomos. Los átomos se agrupan en motivos estructurales idénticos, llamados mallas o eslabones que se repiten regularmente gran número de veces en las macromoléculas, se les llama cadenas macromoleculares.

Esta estructura macromolecular le da a la fibrilla, una extrema flexibilidad y la hace útil para fines textiles”.

Así pues, una fibra textil está compuesta de filamentos o fibrillas que poseen gran resistencia a la tracción y mucha flexibilidad.

Existen dos categorías de fibras textiles:

A.- las naturales y

B- las químicas

Las fibras textiles naturales, como su nombre indica tienen un origen natural. Son las más antiguas conocidas y utilizadas por el hombre.

Las fibras textiles naturales, se subdividen en: fibras animales, vegetales y minerales (tabla) (2).

Las fibras textiles químicas se subdividen en: fibras artificiales y sintéticas (tabla)(2).

Las textiles artificiales (1) “se obtienen por transformación química de los productos naturales fibrosos.

Los textiles sintéticos son obtenidos de los productos químicos ya conocidos. Aparecen antes de la 2ª Guerra Mundial.

Estas fibras, están constituidas por pequeñas moléculas simples, llamadas monómeros. Por medio de unas operaciones químicas complejas, se unan varios monómeros de igual naturaleza y la adición da lugar a la macromolécula. Esta transformación de estructura se denomina como sabemos polimerización y el producto obtenido es un polímero”.

De todas estas fibras: naturales y químicas; veremos las fibras naturales minerales, que son las que tienen mayor interés para nosotros por su uso en los plásticos reforzados, y dentro de estas la fibra de vidrio, será la más importante.

(A)

Tabla: categorías de fibra textiles (2):

<i>FIBRAS NATURALES</i>		
<i>FIBRAS ANIMALES</i>	<i>FIBRAS VEGETALES</i>	<i>FIBRAS MINERALES</i>
<i>Lana</i>	<i>Algodón</i>	<i>Asbesto</i>
<i>Seda</i>	<i>Lino</i>	<i>Fibra de vidrio</i>
	<i>Cáñamo</i>	<i>Fibra de carbono</i>
	<i>Ramío</i>	<i>Fibras metálicas</i>
	<i>Yute</i>	<i>Fibras cerámicas</i>
		<i>Fibras de monocristales</i>

(B)

<i>FIBRAS QUÍMICAS</i>			
<i>FIBRAS ARTIFICIALES</i>		<i>FIBRAS SINTÉTICAS</i>	
Nombre	Principales marcas comerciales	Nombre	Principales marcas comerciales
<i>Celulosa regenerada</i>		<i>Poliamidas</i>	<i>- Nylón, Perlón, Lilión, Rilsan</i>
<i>Viscosa</i>	<i>-Cortil, Zantrel</i>	<i>Poliesteres</i>	<i>-Tergal,Dacrón, Terylene,Trevira</i>
<i>Derivados de la Celulosa</i>		<i>Clorofibras</i>	<i>-Rhovyl, Thermovyl</i>
<i>Acetato</i>	<i>- Albéne, Dicel, Tricel</i>	<i>Acrílicas</i>	<i>- Orlón,Leacryl, Dralón, Acrylan</i>
<i>Triacetato</i>	<i>- Rhonel, Arnel</i>	<i>Polipropileno</i>	<i>- Meraklon</i>
		<i>Poliuretano</i>	<i>- Rhodatic, Lycra (fibra elástica)</i>

1.1.1 Fibras de vidrio

- *Mención histórica* ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾

“Los primeros indicios de un vidrio fibroso lo podemos encontrar en las fibras de vidrio volcánico “filamentos finos”. Se descubrió éste por unas muestras del Vesubío en 1.906 después de una de sus erupciones. La lava era expulsada y los fuertes vientos estiraban el material vítreo, formando con ello unos finos filamentos. Estos fueron encontrados en nidos de pájaros.

Del primer vidrio del que se puede dar referencias es de la obsidiana, es un vidrio natural que se forma debido al enfriamiento rápido de las rocas volcánicas sin permitir la cristalización del mineral. Se utilizó en la prehistoria para confeccionar utensilios.

El origen del vidrio fabricado, de como, cuando y por quien fue descubierto se desconoce con exactitud.

Sabemos que los egipcios lo usaban. El vidrio puro más antiguo conocido procede de Egipto alrededor del año 7.000 a. de C. aunque no se puede asegurar totalmente.

En el año 1.500, ya se fabricaban objetos a gran escala en Egipto. A partir de este año se hace el moldeo de masas de arena para conseguir botellas para perfumes y vasos. Estos objetos se decoraban con finas fibras de vidrio. Se calentaba el vidrio y se estiraba, adosándolo como elemento decorativo.

Aproximadamente hacía el año 500 a. de C. los sirios inventaron el método del soplado, con ello se obtiene objetos de gran tamaño.

Al pueblo romano, debemos la técnica del alabeo en espiral ó técnica del cordón de vidrio de entalle. Esto alcanza gran florecimiento en Venecia en los siglos XII al XVII. Fueron maestros en obtener vidrios llamados de “encaje”, estos consisten en poner filamentos muy finos, blancos o de color, dentro de otro vidrio transparente y estirarlo todo durante el soplado, consiguiendo con ello unos diseños decorativos intrincados.

En China hacía el año 200 a. de C. se da un vidrio con una composición similar a la del vidrio “E” (fibra de vidrio). Estaba compuesta por tres componentes básicos (SiO₂, Al₂O₃, CaO) y en una proporción casi igual.

Entre los años 1.655 y 1.715, los científicos ingleses y franceses, inventaron y perfeccionaron la extracción continua de filamentos. Y en 1.832, se descubrió, la

actual operación de extracción mecánica y recogida sobre una rueda giratoria de los hilos.

En 1.893, en la Exposición Colombiana de Chicago, se expusieron objetos realizados con fibra de vidrio: corbatas, vestidos de mujer, que se habían hecho en Toledo (Ohio). Las fibras se obtuvieron calentando varillas de vidrio y estirándolas rápidamente en filamentos de pequeños diámetros por medio de un tambor enrollado. Este proceso se utilizó hasta 1.930.

La Corning Glass Works, se crea en 1.926 y la Owens Illinois Glass Company en 1.929. Ambas realizaron estudios sobre las fibras de vidrio. Y en 1.931 se comienza a producir a escala industrial fibras de vidrio que serán aptas para ser tejidas. En 1.938 ambas empresas se fusionan y forman la Owens- Corning Fiberglass Corporation, dedicándose a perfeccionar los hilos, cintas y tejidos de fibra de vidrio.

Desde 1.940 hasta nuestros días se han realizado una serie de trabajos de investigación que han dado como resultado nuevos tipos de fibras⁽⁸⁾ y lo último que se ha conseguido ha sido en 1.985 un polímero de cristal líquido moldeable⁽⁹⁾ conocido con el nombre comercial de Xyder y lanzado al mercado bajo la denominación de DMI, producido por Dartco Mfg. Inc. Empresa subsidiaria de Dart and Kraft. Inc.”.

- Composición

El vidrio común, es un material duro y quebradizo, siendo estas sus características mecánicas más acusadas. Si a este lo estiramos y hacemos hilos ó filamentos muy delgados pierde esa dureza y fragilidad, haciéndose más flexible, con lo que aumenta su resistencia y de esta forma puede ser utilizado como material de refuerzo.

El vidrio común se obtiene⁽¹⁰⁾ “de determinados óxidos inorgánicos. Una composición representativa del vidrio común (el de ventanas), que es un vidrio sódico, ó vidrio “A” y la de los denominados fibras de vidrio (f. v.) es: ⁽¹⁰⁾

	"A"	"E"	"C"	"S"
<i>Sílice (SiO₂)</i>	72 %	52-56 %	60-65 %	64-66%
<i>Óx. de aluminio (AlO₃)</i>	0'6%	12-16 %	2-5 %	34-26 %
<i>Óxido de calcio (CaO)</i>	10 %	16-25 %	13- 14 %	---
<i>Óx. Magnesio (MgO)</i>	2'5%	0-6 %	3%	10%
<i>Óxido de hierro (Fe₂O₃)</i>	---	0'2 %	0'2 %	---
<i>Óx. de boro (B₂O₃)</i>	---	8- 13 %	2-7 %	---
<i>Óx. sodio (Na₂O)</i>	14'2 %	---	8%	---
<i>Óx. potasio (K₂O)</i>	---	---	---	---
<i>Óx. Zirconio (ZrO₂)</i>	---	0'6-1 %	1'7 %	---
<i>Óx. Titanio (TiO₂)</i>	---	--	--	---
	---	---	---	---

Las denominaciones son: "A" vidrio común; fibras de vidrio: "E" (eléctrico); "C" (químico); "S" (alta resistencia). La fibra de vidrio "E" tendrá una amplia aplicación en todas sus formas. La fibra de vidrio "C", se utilizará en forma de fieltro ligero y velos (telas muy finas), y la fibra de vidrio "S" en forma no tejidas".

Las más usadas serán las “E”, por ello las desarrollaremos.

En la composición para la fabricación de fibras textiles(11) “se eliminan los álcalis (sosa y potasa) que son usados para bajar el punto de fusión del bióxido de sílice y se usa en su lugar óxido alcalino- terroso como el óxido bórico (B₂O₃). Por éstos los vidrios de la clase de los borosilicatos conocidos como fibra de vidrio “E” poseen un álcalis del 1% (son los vidrios asodicos)”.

- Fabricación

La fibra de vidrio se obtiene por medio de dos procesos (dibujos A y B): (11) (foto 2 y 3)

- método de fusión directa y
- método de alimentación en forma de bolitas.

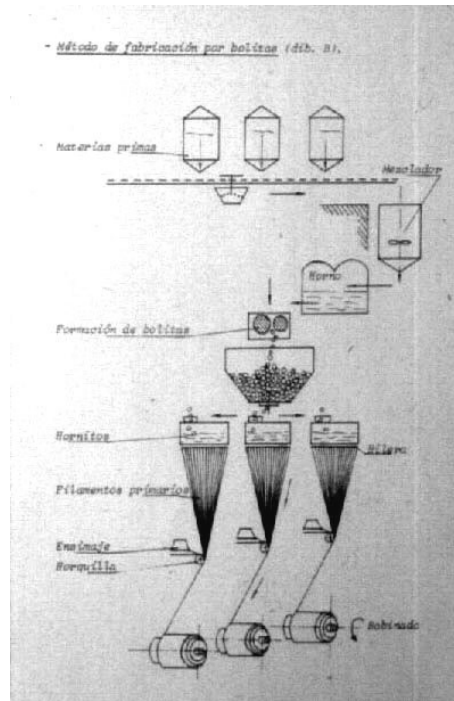
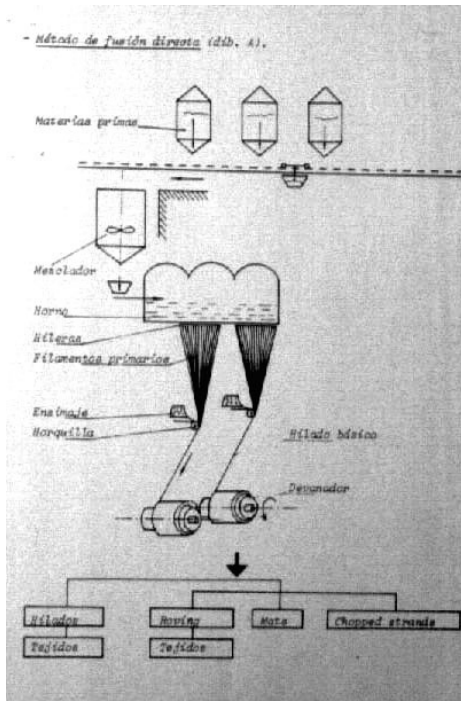
Las principales materias primas que forman la composición de la f.v.(fibra de vidrio) son: sílice, cal, alumina y caolín. Estos compuestos bien dosificados son cuidadosamente mezclados y posteriormente esta composición es introducida en un horno y fundida a alta temperatura.

La mayor parte del hilado de diámetro controlado de las f. v., se consiguen(12) “por estiramiento mecánico a grandes velocidades de los filamentos de vidrio fundido. Que caen en los orificios de las hileras. Aquí mediante un dispositivo de estiramiento salen (foto 4) y se reúnen para recibir el "ensimaje(13)” por medio de éste se le da a los filamentos una película lubricante que hace que se reduzca la fricción y da por tanto facilidad para su uso posteriormente haciendo que no se deshilache. Del ensimaje pasa por una horquilla por donde sale el hilado básico que va a la devanadora en la cual se envuelve formándose un haz de fibras. Del devanador pasa a la fabricación (textil) de los distintos tipos o formas de hilos y tejidos”.

Se ha producido el vidrio textil y éste se presenta de dos formas distintas:(14)

1ª bajo forma de hilado formado por filamentos elementales continuos, denominados Silionne, y

2ª como un hilado formado por hebras discontinuas, denominados Veranne”.



- Propiedades:

Las propiedades más importantes de la fibra de vidrio (f. v.) son: (10)

- a) Alto esfuerzo a la tracción
- b) bajo alargamiento
- c) buena estabilidad
- d) ininflamable é incombustible
- e) inalterable a la radiación ultravioleta.
- f) buena resistencia a los agentes químicos y a la humedad.
- g) inmunidad al ataque de microbios y hongos”.

1.1.2 Características de la fibra de vidrio “E”⁽¹⁵⁾

Densidad (en fibras)..... 2'54 g/cm³

Dureza(escala Morhs)..... 6'5

Absorción del agua(a 20 ° C) inferior a 0'1%

Índice de refracción..... 1'55

Propiedades mecánicas:

Módulo de elasticidad a tracción..7300 hbar

Resistencia a la tracción sobre fil.350 hbar

*Resistencia a tracción referido al vidrio en un compuesto unidireccional.....
220 hbar*

Alargamiento a la rotura(en el compuesto)... 3%

Propiedades térmicas:

Coefficiente de conductibilidad térmica 1w/m ° C

Coefficiente de dilatación térmica 5.10-6/0 ° C

Calor específico..... 0'2 cal/g ° C

Punto de recocido 660 ° C

Punto de reblandecimiento dilatométrico 710 a 720”.

Las propiedades eléctricas no las indicaremos por carecer de interés para este trabajo.

1.2 Formas comerciales

Como hemos visto por el proceso de fabricación obtenemos el vidrio textil, que se nos presenta en distintos hilados básicos ó cabos que se reúnen en cantidades variables, con torsión ó sin ella, doblados o retorcidos, que darán lugar a una amplia gama de hilados comerciales. Estos por medio del “ensimaje” y según el tipo que le damos podrán ser utilizados los filamentos para uso textil ó para los plásticos reforzados. En la actualidad⁽¹³⁾ “se hacen ensimajes textil- plásticos polivalentes”.

De los hilados tratados para plásticos se obtienen:⁽¹⁶⁾ (foto 5)

“- Mats (fieltros o mantas)

- Rovings (mechas continuas)

- Chopped strands (fibras cortadas)

- Esteras y cintas rovings”.

- Mats (fieltros o mantas) ⁽¹⁵⁾ (foto 6)

“es un fieltro o manta de fibras básicas silionne de 9 á 13 (hilos continuos de vidrio “E”), aglomerados ente sí mediante un liante químico”.

Se suministra en los siguientes gramajes: 200, 300, 375, 400, 450, 600 y 1200 gr/m2.

- Rovings (mechas continuas) ⁽¹⁵⁾ (foto 7)

“es un ensamblado sin torsión de hilos de vidrio “E” continuo, al que se le ha dado un ensimaje plástico que lo hace compatible con las resinas”.

- Chopped strands (fibras cortadas) ⁽¹⁷⁾ (foto 8)

“Son hilos base. Las longitudes en que se suministran son: 3, 6, 12, 15, 25, 35 y 50 mm.”.

- Esteras y cintas rovings (foto 9-10-11 y 12)

Los hilos base pueden ser retorcidos y cableados entre sí dando una variedad de formas de tejido pesados de distintos tipos y grosores, que serán realizados con mechas rovings sin torsión.

Se dan tres grupos de configuración de texturas de los tejidos para plásticos reforzados: (18) (foto 13)

a) Taffetas o planos (dib. C)

Consisten en hilos cruzados en urdimbre y en trama colocados unos por debajo de otros.

Sus características son: ser poco flexibles; y no agradables al tacto. Se utilizan preferentemente en piezas planas y poco curvadas.

b) Sargas (dib. D)

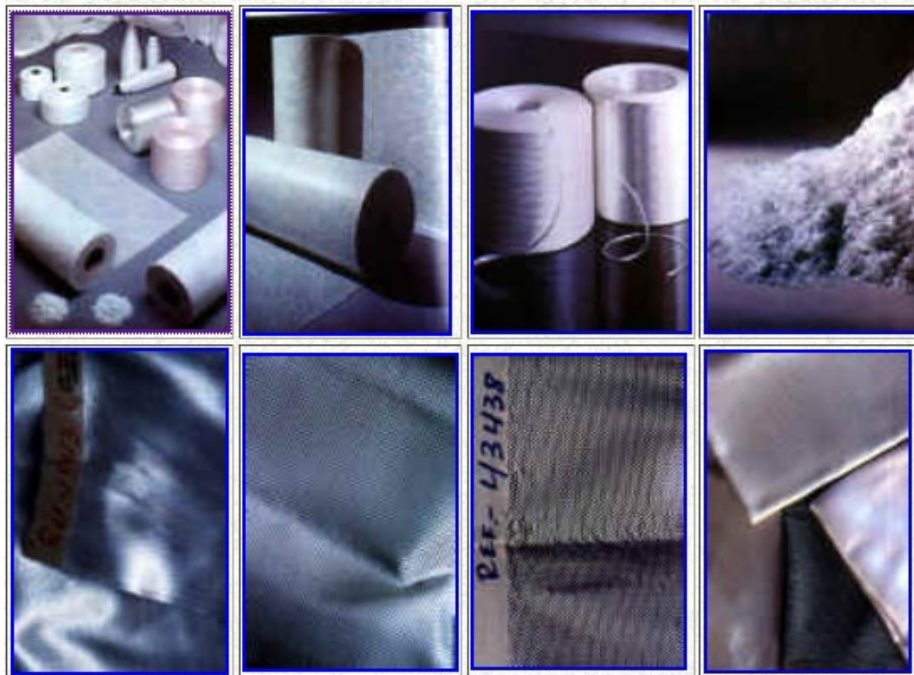
Está constituida por uno o más hilos de urdimbre enlazándose por encima y por debajo de 2'3 ó más pasadas de trama. Esto produce en el tejido una línea diagonal, recta ó quebrada.

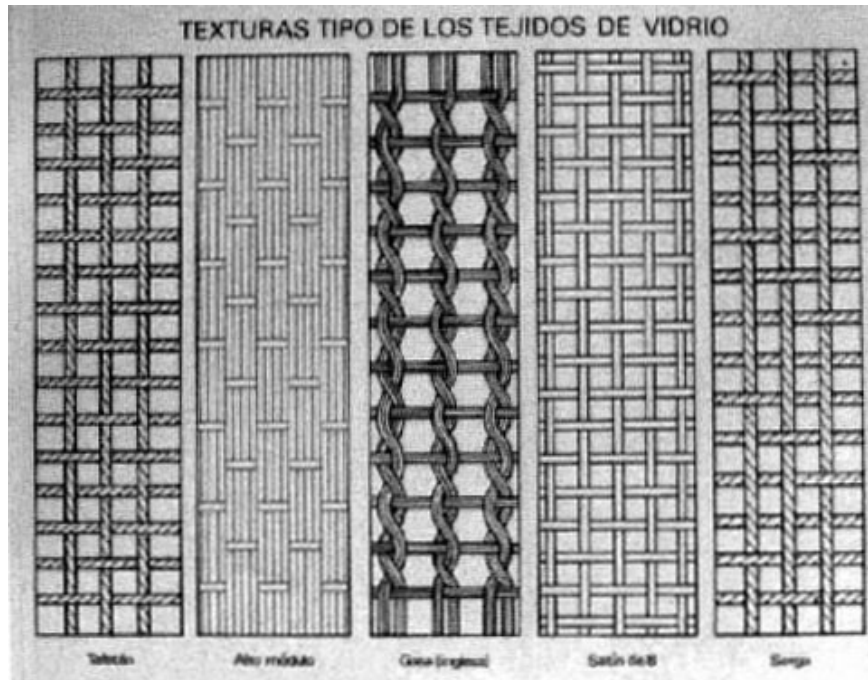
Sus características son: flexibilidad; y se utilizan en piezas planas y poco curvadas.

c) Satén (dib. E)

Está constituida por cruzamientos desplazados que no hacen contacto, y están distribuidos de forma regular o irregular sobre la totalidad del tejido.

Sus características de empleo son: posee muy buena flexibilidad y se moldea con facilidad”.





1.3 Otras fibras

Todas las fibras que indicaremos a continuación tienen para nosotros un interés y uso de segundo orden, ya que las fibras de vidrio, serán las que usaremos generalmente como refuerzo en escultura

- *Fibras de asbesto*

Asbesto es el nombre que se le da a un grupo de minerales fibrosos que se encuentran de formas diferentes, en muchos países. (foto 14) Yacimiento de Quebec (Canadá).

Seis son los minerales que se clasifican como asbesto y éstos se pueden dividir en dos grupos: (19)

“1° Serpentina fibrosa ó crisolito.

2° Los anfíboles en el que se incluyen: crocidolita, amosita, antofilita, actinolita y termolita. De estos, el crisolito, crocidolita, y amosita serán los que mayor importancia tiene en cuanto a su uso. Pero de todos el que constituyen el 90% del uso total es el crisolito, o fibra blanca, que es(20) un silicato de magnesio hidratado y que tiene como fórmula estructural:

Mg₃ Si₂ O₅ (OH)₄”.

La composición química variará de un sitio a otro.

Las propiedades del crisólito, antofilita, crocidolita y amosita son:⁽²¹⁾

Propiedades	Crisólito	Antofilita	Crocidolita	Amosita
<i>Color</i>	<i>Blanco Gris</i>	<i>Pardo blanco</i>	<i>Azul</i>	<i>Canela</i>
<i>Textura</i>	<i>Semiáspera blanda</i>	<i>Áspero</i>	<i>Semiáspero</i>	<i>Áspero</i>
<i>Flexibilidad</i>	<i>Buena</i>	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
<i>Dureza</i>	<i>2'5 - 4</i>	<i>5'5- 6</i>	<i>4</i>	<i>6</i>
<i>Punto de fusión</i>	<i>2770 °F</i>	<i>2675° F</i>	<i>2180° F</i>	<i>2550°F</i>
<i>Calor específico</i>	<i>0'266</i>	<i>0'210</i>	<i>0'201</i>	<i>0'193</i>
<i>Peso específico</i>	<i>2'4-2'5</i>	<i>2'8-3'1</i>	<i>3'2-3'3</i>	<i>3'1-3'3</i>
<i>Índice refracción</i>	<i>180-300</i>	<i>600-900</i>	<i>600-900</i>	<i>600-900</i>
<i>Módulo elasticidad</i>	<i>23'2. 10⁶</i>	<i>---</i>	<i>27'1·10⁶</i>	<i>23'6·10⁶</i>
<i>Coficiente expansión</i>	<i>5·10⁵</i>	<i>---</i>	<i>---</i>	<i>---</i>
<i>Hp</i>	<i>10'3</i>	<i>9'4</i>	<i>9'1</i>	<i>9'1</i>
<i>Resistencia ácidos</i>	<i>pobre</i>	<i>buena</i>	<i>buena</i>	<i>buena</i>



Se presentan comercialmente para su utilización en los plásticos en una gran variedad de formas: fibras sueltas, papel, hilos, fieltros, paños o tejidos.

El uso en los plásticos reforzados del asbesto conlleva una serie de ventajas e inconvenientes como son: ⁽²¹⁾

“A. Como relleno reforzante:

Ventajas:

- *Alguna mejora en la tensión*
- *buen acabado superficial*
- *estabilidad dimensional*
- *resistencia química*
- *mayor dureza*
- *baja absorción de agua.*

Desventajas:

- *Incremento de la viscosidad*
- *algo abrasivo*
- *posible degradación del polímero*
- *alta densidad.*

B. Como fibra reforzante:

Ventajas:

- *bajo coste*
- *las rebabas se quitan fácilmente*
- *mínima degradación en las fibras*
- *buena resistencia a la flexión*
- *baja absorción del agua*

- resistencia al calor
- resistencia química

Desventajas:

- pobre resistencia al impacto
- color oscuro
- posibles dificultades en las mezclas”.

- Fibras de grafito y carbono

Son usadas en formas de telas ó de filamentos. (foto 15)

Ofrecen una alta resistencia y rigidez. direccional. Su peso es reducido. Se fabrican a partir de materiales fibrosos carbonados.

Las propiedades típicas a temperatura ambiente y de uso general son: ⁽²²⁾

<i>Propiedades</i>	<i>Carbono</i>	<i>Grafito</i>
<i>Resistencia tracción</i>	120	90
<i>Tenacidad</i>	6,2	5,3
<i>Elongación en la rotura</i>	2,0	1,5
<i>Recuperación elástica</i>	100	100
<i>Módulo elasticidad</i>	6	6
<i>Rigidez g/dernier</i>	310	350
<i>Densidad g/cm³</i>	1,53	1,32
<i>Conductividad térmica</i>	13	22
<i>Calor específico</i>	0,17	0,17



- **Fibras cerámicas**

Las fibras cerámicas son fibras continuas de óxidos metálicos. Sus características más sobresalientes son: ⁽²³⁾

“a) altas propiedades mecánicas, poseen excelentes propiedades a la compresión y a las altas temperaturas (1370°-1650 °C).

b) excelente resistencia química

c) fácil de trabajar

d) frágiles”.

Se comercializan en forma de hilos, tejidos, y cintas.

Estas fibras pueden ser de interés en Escultura, ya que además de poseer buenas propiedades físicas, poseen una alta relación resistencia- peso y gran resistencia al envejecimiento.

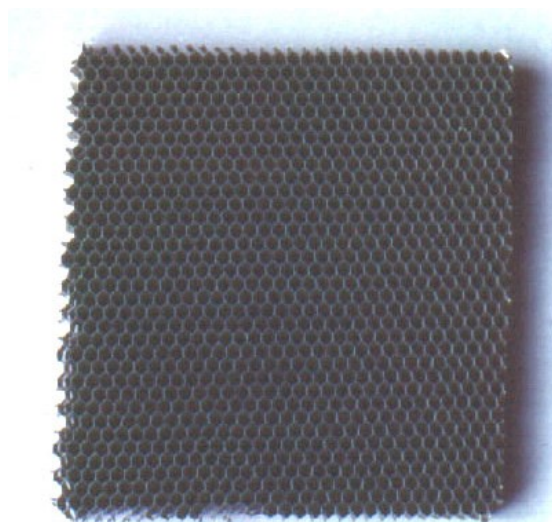
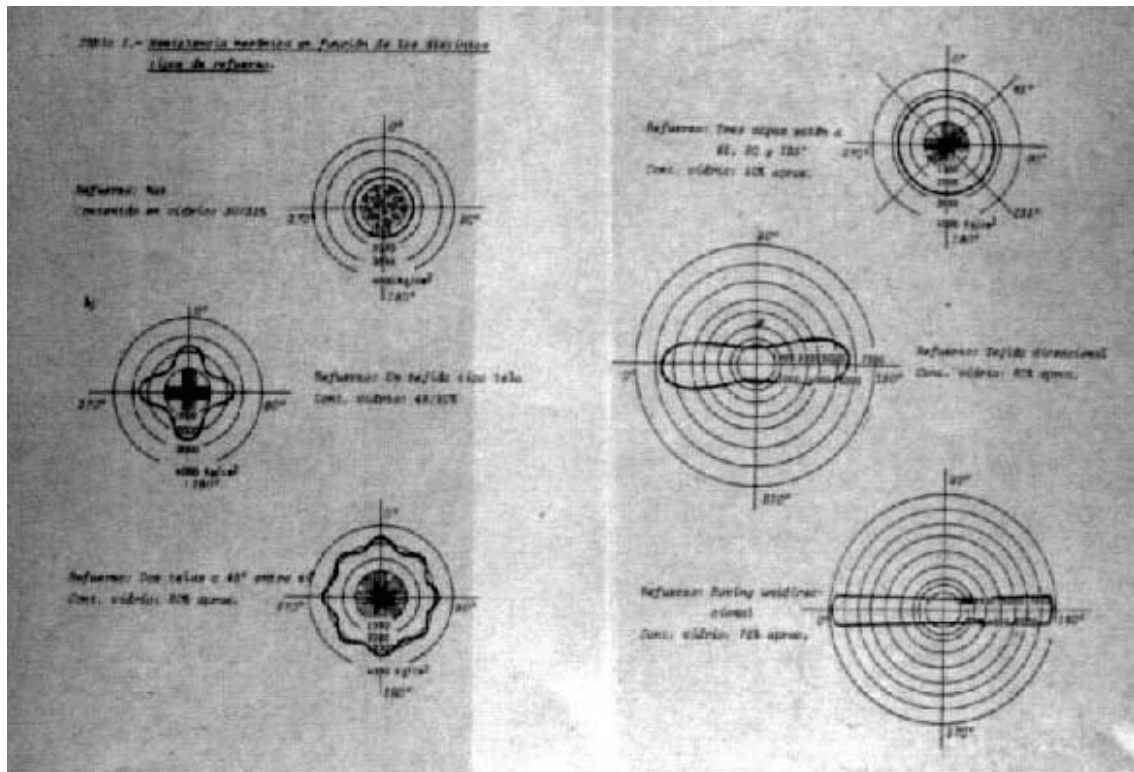
Poseen un alto coeficiente de contracción por lo que apenas sufren cambios de dimensiones. Quizás el único inconveniente es su alto precio.

Las fibras de grafito, carbono y cerámica y otros tipos como son: de boro, cuarzo, metálicas, etc., carecen de gran interés para nosotros ya que su campo de aplicación será⁽²⁴⁾ *“en alta tecnología, en compuestos resistentes a altas temperaturas como por ejemplo: en la industria aeronáutica”.*

2. Colocación direccional de la fibra en los plásticos

La resistencia direccional es la propiedad principal y es de gran importancia en los G.R.P. el situar y orientar los refuerzos hacia una dirección determinada.

La disposición de las fibras tiene gran interés, ya que de esta dependerán las cualidades mecánicas de la estructura de un plástico reforzado. Tabla I^a ⁽²⁵⁾ (foto 16)



De esta forma, si la orientación de las fibras de refuerzo es hacia una dirección única, tendrá en esa dirección una resistencia alta, y baja o nula en el sentido transversal. Si ambas se entrecruzan tendrá un valor medio.

Si las fibras las orientamos: una parte en un sentido y la otra a 90° de la anterior, caso b de la tabla Iª, resulta ser resistente en esas dos direcciones y menor en las otras.

Ante esto nos podemos preguntar ¿ cómo podemos nosotros orientar estas fibras cuando hagamos el refuerzo de una escultura u objeto artístico?

Esto va a depender en gran medida de la complejidad de la escultura u objeto artístico y del método de moldeo que nos convenga utilizar.

La técnica o proceso de moldeo que nos interesa, por se el que mejor se adapta a nuestras necesidades es la del moldeo por contacto o a mano.

A continuación describiremos el proceso:

1º en la realización de un soporte plano y 2º en el moldeo o vaciado de una obra escultórica (bulto redondo)

1º proceso en la realización de un soporte plano: Sobre Plataforma de celdilla metálica tipo panal abeja (hexagonal) (foto 17) se coloca la fibra de vidrio (mat-fieltro o manta) impregnada de resina. Este soporte preparado, se puede usar en: escultura (base de relieve); pintura (base para dar preparación de estuco y poder pintar o hacer pinturas murales); y en restauración (colocación pinturas murales que han arrancado)

Así mismo, el refuerzo resina/fibra de vidrio se puede usar en el campo escultórico para: cubrir de estructura metálicas (preformas) de una obra escultórica o como material de refuerzo de otras materias utilizados en el vaciado, por ejemplo, obra en mortero de cemento.

A continuación describiremos: 2º Proceso (fases) que se siguen en el vaciado de una obra escultórica.

Las fases o etapas que seguiremos para el moldeo o vaciado de una obra escultórica en plástico reforzado (G.R.P.) y con un molde de escayola, serán las siguientes:

- a) realización del molde. Dejar secar
- b) preparación del molde: dar goma laca
- c) aplicación al molde de los agentes desmoldeantes: cera
- d) preparación de la resina (mezcla de resina, acelerante, catalizador, carga, agente tixotrópico y colorante)
- e) aplicación de una primera capa de resina preparada sobre el molde

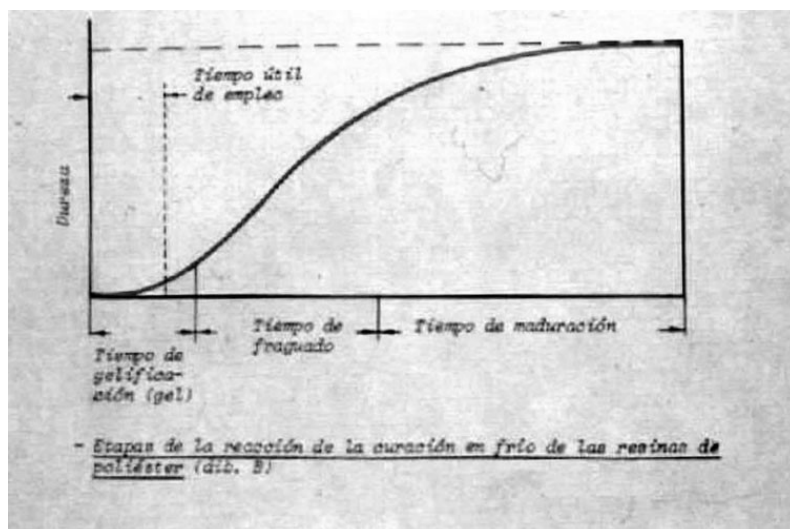
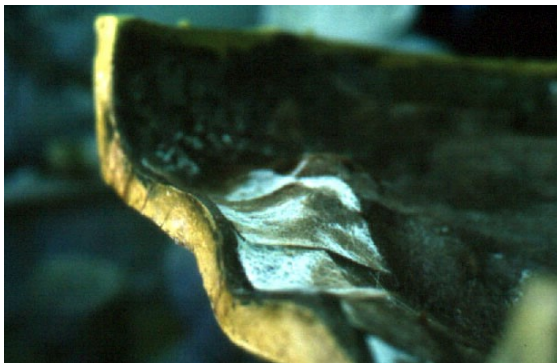
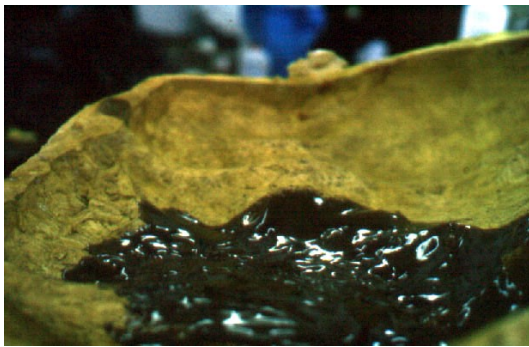
f) aplicación del refuerzo: por lo general se usará la fibra de vidrio tipo mat (manta) de un gramaje 400 o 450 gr/m². Esta manta la cortaremos en trozos de 5 x 8 o 4 x 7 cm. o bien en la medida que nos convenga; con el fin de que podamos colocarla y entrecruzarla de forma cómoda. Comenzamos colocando una primera capa de resina sobre la superficie del molde, (foto 18) cuando comience a gelificar, le damos otro poco de resina, y vamos colocando los trozos de fibra de vidrio entrecruzándolos, (foto 19, 20 y 21) le pondremos otro poco de resina, y los vamos apelmazando con una brocha circular de pelo corto y duro o bien con un rodillo tipo metálico, con esto evitaremos las bolsas de aire y aseguraremos la adecuada impregnación, adherencia y humidificación del refuerzo de fibra de vidrio con la resina.

Pondremos, dos capas de resina con fibra de vidrio como refuerzo, esto nos dará gran resistencia.

g) gelificación, curado y maduración de la resina. (foto 22) La gelificación es el proceso por el cual comienza la resina (mezcla) a reaccionar pasando de un estado líquido al de gel pegajoso. Y del estado de gel se pasa al de fraguado o curado (polimerización de la resina), en esta fase se produce un proceso exotérmico de muy baja temperatura en las resinas de poliéster y epoxi. Después en el tiempo de maduración, se endurece y toma cuerpo sólido.

h) desmoldeo o separación del molde

i) acabado(limpieza) y tratamiento superficial (patina)



3. Cuadro del uso del refuerzo (fibra de vidrio) con la resina sintética en el Arte

USO	TIPO DE FIBRA DE VIDRIO	RESINA	MOLDE Y TIPO DE MOLDEO	PROCESO
Vaciado o reproducción de una obra escultórica	Mat(Manta) cortada diversos tamaños e impregnada con la resina	- de poliester	- escayola o silicona - Moldeo por contacto o a mano	- Molde de escayola seco con dos manos de goma laca, y desmoldeante -- moldeo de silicona: nada
Cubrimiento estructura metálica de hierro (preforma) de una obra escultórica	-Mat(fieltro o manta) cortada en diversos tamaños e impregnada con la resina	- poliester	- estructura metálica de hierro Moldeo por contacto o a mano	- Fases: 1ªHacer estructura. 2ª Cubrir con tela metálica. 3ªPoner resina con f. v. 4ªColocar encima cemento especial
Vaciado de una obra escultórica: fibroresina o fibrocemento	- hilos cortados	- poliester o mortero de cemento	- molde de escayola o silicona Moldeo a mano	Se mezcla la fibra cortada con la resina o el mortero de cemento
Refuerzo de la obra escultórica de cemento (mortero)	- Mat (fieltro o manta) cortado en diversos tamaños impregnado con la resina	- poliester	- escayola o silicona Moldeo por contacto o a mano	- debe de estar totalmente seca la parte a reforzar
Como soporte base para: esculturas, pinturas y restauraciones	- Mat (manta o fieltro) cortado en diversos tamaños	- poliester	- Sobre panal de celdilla metálica Moldeo por contacto o a mano	- Colocar la fibra de vidrio impregnada de resina sobre el panal de celdilla metálica. Se hace un soporte que puede servir en: escultura colocar relieves; en pintura (pintar y hacer pintura mural) y en restauración: poner arranque pintura mural.

4. Conclusiones

1ª El proceso o sistema de moldeo por contacto o a mano, es el que mejor se adapta, y nos va, para el vaciado de las obras escultóricas y como soporte en escultura, pintura y restauración, por ofrecernos una serie de ventajas como son:

- aplicación en los moldes de los materiales más usados: escayola y siliconas (elastómeros). Son de fácil realización.
- posibilidad de conseguir cualquier forma deseada.
- intervención directa por una persona especializada y cualificada, que puede tener en todo momento el control del proceso.
- es el más económico, ya que los útiles y herramientas no nos exigen un equipo costoso.
- se puede aplicar a cualquier pieza (obra escultórica) y tipo de soportes, aunque esta sea de grandes dimensiones y de formas complicadas.

2ª El refuerzo de más uso por sus ventajas y buenos resultados, es la fibra de vidrio (f.v.) en su presentación mat (fieltro o manta), debidamente orientado e impregnado con la resina de poliéster o bien epoxi.

3ª La resistencia mecánica, al choque, química y a la intemperie, se encuentra condicionada a la proporción resina- fibra de vidrio y al tipo de resina, si es o no rígida, a las formas de colocar el refuerzo, método seguido para su realización, etc., estos condicionantes servirán para la resistencia a la tracción, flexión y composición.

4ª Los G.R.P. nos dan una importante relación resistencia/ peso; paredes de pequeño grosor ofrecen grandes resistencias, con un peso reducido, esto hace que tengamos en el campo artístico una gran ventaja: la disminución del peso en la relación masa- volumen, en comparación con los materiales tradicionales: madera, bronce, piedra, etc.

- Referencias:

- (1R) Hemos adoptado la abreviatura ISO 1629- 1976, en la que los plásticos reforzados con fibra de vidrio es:

(G.R.P.)

5. Citas bibliográficas

(1) MARTINEZ DE LAS MARIAS, PABLO. Química de las fibras textiles, 1ª edic. Edit. Alhambra. Madrid. 2, 1.976.

(2) PRIOR, MARIA LUZ Fibras, tejidos y telas. Ministerio de Agricultura. Serie técnica nº 36. Madrid. 7, 1969.

(3) FERNANDEZ NAVARRO, JOSÉ MARÍA. El vidrio. Inst. De Cerámica y Vidrio. Madrid. 12, 1.985.

(4) MARI, ADUARDO A. Los vidrios. Historia. Tecnología de fabricación y aplicaciones. Edit. Americalee. Buenos Aires, 14, 1.982.

(5) OLEESKY, SAMUEL Y MORHR, J. GILBERT. Handbook of Reinforced Plastics. Reimbold Publishing Corporation. New York, 150, 1.964.

(6) GUDIOL RICARD, J. y ARTIÑANO, P.M. DE Vidrio. Resumen de la Historia del vidrio. Catálogo de la Colección Alfonso Macaya. Barcelona. 1.935.

(7) ARNAUD DE LASARTE, JUAN Cerámica y Vidrio. Ars Hispaniae. Tomo X. Edit. Plus Ultra. Madrid 1.952.

(8) SEYMONS, RAYMOND. Plásticos reforzados: progresos en fibras. Rev. Plast. Moder. nº 343, Madrid, 96, (enero 1.985).

(9) REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS, nº 349. Las principales resinas comerciales moldeables a base de cristal líquido. Madrid, 105, (julio 1985).

(10) MUÑOZ ESQUEZ, PEDRO L. Conf.: Fibras y tejidos industriales. Univ. Politec. Madrid. (Marzo 1.983).

- (11) D'ARSIE, DUILIO. Los plásticos reforzados con fibras de vidrio. Edit. Americalee. Buenos Aires, 18-22, 1.980.
- (12) TITOW, W. V. y LANHAM, B. J. Termoplásticos reforzados. Edit. Americalee S.R.L. Buenos Aires, 93, 1.978.
- (13) GRANT, R.R. Impregnación de tejidos. An. Rev. Plást. Moder. Madrid, 117, 1.980.
- (14) WARRING, RON H. El libro práctico del poliéster y la fibra de vidrio. Ed. Borrás. Barcelona, 11, 1.982.
- (15) VETROTEX Bol. téc. Fibra de vidrio como refuerzo. Madrid. 1.984.
- (16) PAULUS, H. J. Refuerzos de fibra de vidrio. Anu. Rev. Plást. Madrid, I-67, 1.968.
- (17) REV. PLÁST. MODER. Monografías sobre aditivos y métodos de ensayo. Refuerzos con fibra de vidrio. Madrid. I-105, 1.964.
- (18) CHEREMINOSF, NICHOLAS P. and CHEREMINOSF, PAUL N. Fiberglass-Reinforced Plastic. Deskbook. Ann Arbor Science, Publishers INC. Michigan 2nd printing, 48, 1.979.
- (19) AXELSON, W.J. Refuerzos y cargas de asbesto. An. Plast. Madrid, 73, 1.968.
- (20) PEREZ MATEOS, JOSEFINA. Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudios. Manuales de Ciencia actual nº 1; C.S.I.C. Madrid, 106, 1.965.
- (21) AXELSON, W. J. Fibras de asbesto. Anu. Plast. Madrid. 73, 1.971.

(22) FORSYLH, ROBERT B. Fibras de grafito y carbono. Anu. Plast. Madrir, 77, 1.971.

(23) AZA, SALVADOR. Conf.: Nuevos materiales cerámicos. Sem.: Nuevos materiales cerámicos y polímeros. U.I:M.P. Santander (sep. 1.985).

(24) LAGUNA CASTELLANO, O. Materiales compuestos resistentes altas temperaturas. Rev. Plast. Moder. nº 34. Madrid. 85 (enero 1985)

(25) D'ARSIE, DULIO Los plásticos reforzados con fibra de vidrio. Edit. Americalee . buenos Aires. 70, 76. 1980

(*) --Boletín técn. de Vetrotex - ilustraciones nº 4-5-6-7-8 - 13 y 14 .

6. Índice ilustraciones (fotos)

1. Polímeros resinosos
2. Obtención de la fibra de vidrio- Método de fusión directa
3. Obtención de la fibra de vidrio- Método de alimentación en formas de bolitas
4. Salida fibra de vidrio y estiramiento
5. Distintos hilados de fibra de vidrio
6. Mat (fieltro o manta)
7. Rovings (mechas continuas)
8. Chopped strands (fibras cortadas)
9. 10. 11. y 12. Esteras y cintas rovings
13. Texturas de los tejidos en fibra de vidrio
14. Asbestos
15. Fibras de carbono y grafito
16. Tabla de colocación direccional fibra de vidrio

17. Panel de cerdilla metálica
 18. 19. 20 y 21. Aplicación de los refuerzos (f. v.) en la obra escultórica
 22. Esquema proceso de gelificación, curado y maduración de la resina.
-

NOTA: Este trabajo de investigación que se presenta, ha sido ampliado y corregido; y forma parte de la tesis doctoral que realicé y presenté en 1986, titulada:

“La escultura como expresión artística a través de las técnicas y los materiales. Evolución histórica. Aportaciones contemporáneas: los plásticos. Método experimental”.
