



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

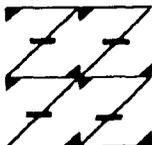
PLASTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V.) RESINAS, COMO ALTERNATIVA DE SUSTITUCION DE MATERIALES CONVENCIONALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA QUIMICA PRESENTAN:

ANA MARIA PEREZ VILLEDA DOLORES TREJO SALGADO

UNAM FES ZARAGOZA



LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXIÓN

ASESOR: ING. NORBERTO R. LOPEZ CHAVEZ

MEXICO, D.F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/003/02**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNA: PEREZ VILLEDA ANA MARIA**  
**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. Eduardo Loyo Arnaud</b>
<b>Vocal:</b>	<b>I.Q.I. Norberto Raúl López Chávez</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Q. Francisco Silva Flores</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Hugo Héctor Martínez Rojas</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Arturo E. Méndez Gutiérrez</b>

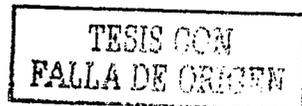
Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 23 de Enero el 2002.

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**

AEMG/isa\*





**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/004/02**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNA: TREJO SALGADO DOLORES**  
**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. Eduardo Loyo Arnaud</b>
<b>Vocal:</b>	<b>I.Q.I. Norberto Raúl López Chávez</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Q. Francisco Silva Flores</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Hugo Héctor Martínez Rojas</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Arturo E. Méndez Gutiérrez</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
México, D. F., 23 de Enero el 2002.

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**

AEMG/isa\*

1-152

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>ALCANCES</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>7</b>
<b>1 GENERALIDADES</b>	<b>10</b>
1.1 CONCEPTO	10
1.1.1 PLASTICOS NO REFORZADOS Y SU CLASIFICACION	11
1.1.2 PORQUE REFORZAR EL PLÁSTICO	14
1.1.3 TIPOS DE REFUERZOS	15
1.1.4 PLASTICOS REFORZADOS ( P.R.F.V.) RESINAS:	26
1.2 USOS Y APLICACIONES	32
1.2.1 CRECIENTE APLICACION DE LOS (P.R.F.V.) RESINAS	32
1.2.2 SEGMENTOS DE MERCADO	34
<b>2 RESINAS</b>	<b>36</b>
2.1 CLASIFICACIÓN DE RESINAS SEGÚN SU GRUPO FUNCIONAL	36
2.2 CLASIFICACION DE RESINAS SEGÚN SUS CARACTERISTICAS	37
2.3 SELECCION DE RESINA	38
<b>3 ADITIVOS</b>	<b>41</b>
3.1 GENERALIDADES	41
3.2 SELECCIÓN DEL ADITIVO ADECUADO	41
3.3 CLASIFICACION DE ADITIVOS	43
3.3.1 ADITIVOS DE PROCESAMIENTO:	43
3.3.2 ADITIVOS FUNCIONALES	52
<b>4 PROCESOS</b>	<b>73</b>
4.1 CLASIFICACIÓN	73
4.2 PROCESOS DE MOLDE ABIERTO	76

4.2.1	SISTEMA DE MOLDEO MANUAL	76
4.2.2	MOLDEO POR ASPERSIÓN	80
4.3	PROCESOS DE PENSADO	84
4.3.1	PROCESOS DE PENSADO EN CALIENTE	84
4.3.2	PROCESOS DE PENSADO EN FRIO	89
4.4	PROCESOS CONTINUOS	91
4.4.1	EMBOBINADO DE FILAMENTO CONTINUO	91
4.4.2	CENTRIFUGACIÓN	93
4.4.3	PULTRUSIÓN	94
4.4.4	LAMINADO CONTINUO	95
4.4.5	MOLDEO POR TRANSFERENCIA	96
<b>5</b>	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	<b>99</b>
5.1	ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS	100
5.2	NORMATIVIDAD	115
5.2.1	ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA PRODUCTIVA	115
5.2.2	ARANCELES	116
5.2.3	PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD	116
5.2.4	NORMATIVIDAD	117
5.2.5	LEGISLACIÓN DEL PLÁSTICO REFORZADO	117
5.3	INTRODUCCIÓN A LA SERIE DE NORMAS ISO 9000	119
<b>6</b>	<b>EJEMPLOS DE APLICACIONES</b>	<b>125</b>
6.1	USOS ESPECÍFICOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	126
6.1.1	CANAL PARSHALL	126
6.1.2	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE BIOGAS	128
6.1.3	REJILLAS	131
6.1.4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DE REACCIÓN	134
6.1.5	RECUBRIMIENTO DE TANQUES Y REACTORES	135
6.2	APLICACIONES DEL P.R.F.V. RESINAS EN PARQUES ACUÁTICOS	136
6.2.1	REJILLA DE P.R.F.V. RESINAS EN PARQUES ACUÁTICOS.	136
6.3	EJEMPLO DE PRODUCTOS DE P.R.F.V. RESINAS PARA ORNAMENTO	137
6.3.1	PRODUCTOS APARIENCIA MADERA	137
6.3.2	PRODUCTOS APARIENCIA ROCA Y PIEDRA	138
<b>7</b>	<b>PULTRUSIÓN</b>	<b>140</b>
7.1	PULTRUSIÓN, COMO PROCESO DE FABRICACIÓN CONTINUA	140
7.1.1	SISTEMA DE FABRICACIÓN:	140
7.1.2	APLICACIÓN:	141
7.1.3	VENTAJAS DEL PROCESO:	141
7.1.4	MATERIAS PRIMAS:	141

---

CONCLUSIONES	143
GLOSARIO	144
UNIDADES UTILIZADAS Y ABREVIATURAS	150
BIBLIOGRAFÍA	151

TESIS CON  
FALLA DE OFICEN

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1	PROPIEDADES DE RESINAS REFORZADAS Y NO REFORZADAS .....	15
TABLA 2	COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE ALGUNOS DE MATERIALES DE REFUERZO .....	16
TABLA 3	CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO .....	25
TABLA 4	CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO "E" .....	26
TABLA 5	PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES EMPLEADOS COMO REFUERZOS EN LA INDUSTRIA DE LOS P.R.F.V. RESINAS .....	27
TABLA 6	MATERIALES POLIMÉRICOS MÁS COMUNES UTILIZADOS COMO MATRICES .....	32
TABLA 7	APLICACIONES DEL PLÁSTICO REFORZADO EN DIVERSOS SEGMENTOS DE MERCADO .....	34
TABLA 8	PROPIEDADES PRINCIPALES DE ALGUNAS RESINAS DE MAYOR APLICACIÓN .....	37
TABLA 9	PROPIEDADES Y LIMITACIONES PRINCIPALES DE ALGUNAS RESINAS .....	37
TABLA 10	ALGUNOS DE LOS FACTORES MÁS COMUNES QUE DEGRADAN AL P.R.F.V. RESINAS .....	42
TABLA 11	FACTORES QUE AFECTAN A PLÁSTICOS .....	43
TABLA 12	CARACTERÍSTICAS DE LOS PLASTIFICANTES PRIMARIOS .....	54
TABLA 13	CARACTERÍSTICAS DE LOS PLASTIFICANTES SECUNDARIOS .....	55
TABLA 14	PROPIEDADES DE LOS MODIFICADORES DE IMPACTO MÁS IMPORTANTES .....	56
TABLA 15	PROPIEDADES DE ADITIVOS RETARDANTES AL FUEGO MÁS UTILIZADOS .....	57
TABLA 16	AGENTES ANTIESTÁTICOS INTERNOS .....	59
TABLA 17	PROBLEMÁTICA DE CARGAS ESTÁTICAS .....	60
TABLA 18	APLICACIÓN DE AGENTES ANTIESTÁTICOS .....	60
TABLA 19	CAUSAS DE DEGRADACIÓN EN PLÁSTICOS .....	61
TABLA 20	PROPIEDADES DE ESTABILIZADORES DE RAYOS U.V. .....	62
TABLA 21	CARACTERÍSTICAS A CUMPLIR DE LOS FUNGICIDAS .....	62
TABLA 22	PROPIEDADES DE LOS AGENTES ESPUMANTES .....	63
TABLA 23	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGENTES NUCLEANTES .....	65
TABLA 24	PROPIEDADES DE LOS AGENTES NUCLEANTES .....	65
TABLA 25	PROPIEDADES DE AGENTES DE ACOPLAMIENTO .....	66
TABLA 26	PROPIEDADES DE PIGMENTOS Y COLORANTES .....	68
TABLA 27	CLASIFICACIÓN DE LOS PIGMENTOS .....	68
TABLA 28	PROPIEDADES DE LOS PIGMENTOS .....	69
TABLA 29	PIGMENTOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS .....	69
TABLA 30	CARACTERÍSTICAS DE LAS CARGAS ORGÁNICAS .....	70
TABLA 31	CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS INORGÁNICAS .....	71
TABLA 32	PROCESOS MÁS COMUNES .....	75
TABLA 33	DESMOLDANTES INTERNOS MÁS USADOS .....	88
TABLA 34	CODIFICACIÓN DE COLORES PARA TUBERÍA .....	103
TABLA 35	ÁREAS DONDE LA VENTILACIÓN ES IMPRESCINDIBLE .....	105
TABLA 36	VALORES DE T.L.V. Y L.E.L. DE ALGUNAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN ESTA INDUSTRIA .....	105
TABLA 37	SEGURIDAD, MANEJO Y ALMACENAMIENTO LOS MATERIALES QUE SE EMPLEAN CON MAYOR FRECUENCIA EN ESTA INDUSTRIA .....	109
TABLA 38	LÍMITES PARA LA EMISIÓN DE ESTIRENO COMO MONÓMERO PARA VARIOS PAÍSES EUROPEOS Y PARA LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA .....	118
TABLA 39	NORMAS Y CÓDIGOS PARA TUBERÍAS .....	119
TABLA 40	NORMAS Y CÓDIGOS PARA SOPORTES .....	119
TABLA 41	DIFERENTES MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CANAL PARSHALL .....	127
TABLA 42	DIFERENTES MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMPANAS DE RECOLECCIÓN DE BIOGAS .....	129
TABLA 43	DIFERENTES MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PASILLO CON BAJO FLUJO DE GENTE .....	132
TABLA 44	REJILLAS PLÁSTICAS MÁS COMUNES .....	133
TABLA 45	TIPOS DE RESINAS Y SUS CARACTERÍSTICAS .....	142
TABLA 46	PROPIEDADES, NORMAS Y CONDICIONES .....	142

## **OBJETIVOS**

Conceptualizar y justificar la importancia del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas en el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Revisar el uso del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas como sustituto de materiales convencionales en algunos ejemplos reales de aplicación.

Divulgar la importancia del uso del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas en los diferentes sectores de la industria.

## **ALCANCES**

En este trabajo de Tesis se considera la recopilación de información, así como el estudio de ejemplos reales de sustitución de materiales convencionales, para lo cual se requiere de los diferentes sectores involucrados como son el desarrollo, fabricación y venta de productos de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas, lo cual es de suma importancia para que las nuevas generaciones de Ingenieros Químicos incursionen en dicho tema para su mayor aprovechamiento, dando como resultado el desarrollo de nuevas aplicaciones.

---

## INTRODUCCION

Desde el origen del hombre, satisfacer las diversas necesidades que se le han presentado al transcurso del tiempo es una preocupación inminente, necesidades que han cubierto utilizando diversos materiales actualmente llamados convencionales, principalmente de origen natural como la madera y resinas naturales utilizadas para la fabricación de innumerables productos, los cuales tienen desventajas como un tiempo de vida útil así como resistencia mecánica y química limitados y para lo cuál es requerida la investigación de nuevos productos sintéticos que mejoren las propiedades de dichos materiales.

El Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas, nace como alternativa de uso para dar solución a muchos problemas, por ejemplo: corrosión, resistencia mecánica, costo, resistencia química, etc., con muchas ventajas sobre los materiales convencionales existentes en el mercado.

Como antecedente se sabe, que su uso a gran escala, aparece con la Industria de los barcos recreativos, con la ventaja del peso ligero, las industrias químicas y de celulosa, empezaron utilizando (P.R.F.V.) Resinas de poliéster para reemplazar materiales costosos (aleaciones, acero revestido con goma y madera). Para el término de los 60's, las resinas Vinil Ester con base de epoxi se introdujeron al mercado y esto mejoró al (P.R.F.V.) Resinas en lo referente a la resistencia química. El uso de (P.R.F.V.) Resinas en el servicio químico agresivo aumentó por la introducción de resinas Vinil Ester con base de epoxi-enoal, proporcionando mayor resistencia al calor y a productos altamente corrosivos.

En 1953, se aplicó el (P.R.F.V.) Resinas en los paneles de Corvette Chevrolet, el (P.R.F.V.) Resinas se ha utilizado por más de 40 años en la producción de auto partes. A principios de la década de los 70s, se identificaron unas 40 000 aplicaciones del (P.R.F.V.) Resinas y desde entonces se han desarrollado otras 40 000 nuevas. Si las cifras no mienten, resulta que la industria del (P.R.F.V.) Resinas apenas avanza con 2000 nuevos usos por año, es decir, una aplicación por hora de trabajo. (Ref. 1)

Actualmente son más de 30 000 las aplicaciones registradas a nivel mundial, tanto en el uso de Fibra de vidrio, como en sus combinaciones con diversos materiales que dan como resultado las Partes fabricadas

Ref. 1, Según estudio realizado por Vitro Fibras S.A. de C.V. en el año de 1999.

---

de (P.R.F.V.) Resinas.

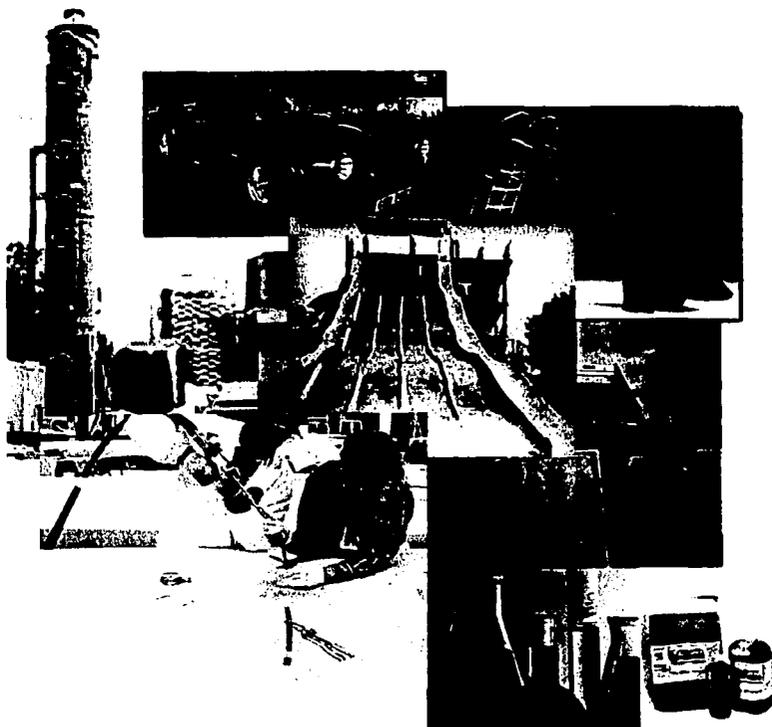
Los campos de uso del (P.R.F.V.) Resinas son diversos y variados por sus óptimos resultados, entre los que encontramos la industria del transporte, alimentaría, química, farmacéutica, marina, petroquímica, de pulpa y del papel, perfumería, textil, minera, de la construcción, galvanoplastia, electrolítica, salina, tratamiento de aguas residuales, electrolíticas del calzado, vitivinícola, etc., por mencionar algunas, en fin el (P.R.F.V.) Resinas tiene aplicación en el 99% de la Industria General.

En la siguiente figura se muestran las materias primas base del producto terminado de (P.R.F.V.) Resinas como son la fibra de vidrio y la resina.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# GENERALIDADES



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

9-152

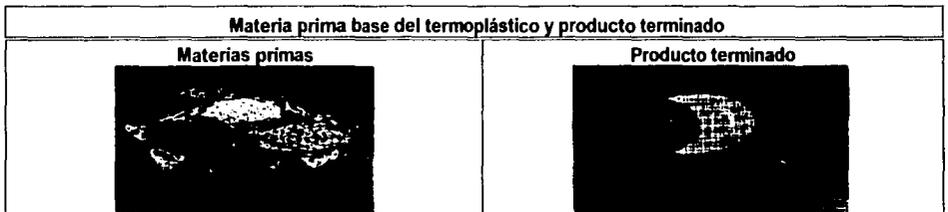
## 1 GENERALIDADES

### 1.1 CONCEPTO

**PLÁSTICOS NO REFORZADOS.** Las aplicaciones de Plásticos convencionales No Reforzados están limitados a presiones y temperaturas utilizadas comúnmente. Estos materiales son también menos resistentes a los requerimientos mecánicos, tienen índices de dilatación elevados y una limitada resistencia a los solventes. Sin embargo, son de peso ligero y resultan buenos aisladores térmicos y eléctricos, además de que son fáciles de fabricar e instalar y de que tienen bajos factores de fricción.

En general, los Plásticos No Reforzados poseen una resistencia excelente a los ácidos minerales débiles y no son afectados por las soluciones de sales inorgánicas, puesto que los materiales plásticos no se corroen en el sentido electroquímico, ofrecen otra ventaja sobre los metales: la mayor parte de los metales se ve afectada por los cambios ligeros de pH o las impurezas menores, o bien, por el contenido de oxígeno, mientras que los plásticos permanecen resistentes a esos mismos cambios.

Cada plástico consiste en un ingrediente básico o contiene una sustancia orgánica de elevado peso molecular que puede ablandarse y moldearse al aplicársele presión, calor o ambos. Está constituido por moléculas gigantes llamadas polímeros, consistentes en moléculas menores unidas por los extremos, como una cadena que en ciertos casos, cada eslabón de una cadena dada es la misma unidad básica o monómero. Algunos polímeros conocidos como copolímeros están formados por una mezcla de dos o más monómeros. Aplicaciones muy comunes se ven en la vida diaria como son los utensilios de cocina que se muestra en la siguiente figura.



La mayoría de los plásticos se fabrican mediante la síntesis o unión de diversas sustancias químicas, que da un producto en el que el carbono se combina con uno o más elementos, incluso hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro y flúor suele llamarse resina sintética a esos plásticos porque en algunos aspectos, se asemejan a las sustancias naturales denominadas resinas. Estas incluyen la goma laca y el ámbar, se destacan por el gran tamaño de sus moléculas. Al preparar las resinas sintéticas es necesario combinar moléculas más pequeñas para que den polímeros, en condiciones cuidadosamente controladas. Por ejemplo: alquidos, las resinas fenólicas y los vinílicos.

Otros plásticos se obtienen de sustancias orgánicas naturales, que se modifican químicamente para producir el material plástico deseado: los celulósicos, por ejemplo, derivan de la celulosa, un hidrato de carbono que se encuentra en las plantas y se obtiene fácilmente tanto del algodón como de la pulpa de madera.

Los plásticos caseínicos derivan de la caseína, proteína que se forma cuando se cuaja la leche. Las moléculas básicas de esas sustancias orgánicas naturales son polímeros. Puede ser necesario reducir el tamaño de estas moléculas gigantes para producir un material fácil de moldear en escala industrial.

### 1.1.1 PLÁSTICOS NO REFORZADOS Y SU CLASIFICACION

**CLASIFICACIÓN.** Los plásticos se dividen en dos grupos principales: Termoplásticos y Termofijos, que difieren por la forma en que los afecta el calor.

Los **materiales Termoplásticos** se reblandecen cuando se les expone al calor y vuelve a su estado natural cuando se enfrían (Proceso reversible), sólo se produce un cambio físico, no químico.

Ejemplos de plásticos que conforman éste grupo son los siguientes:



- Acrílicos
- Acrido Nitrilo Butadieno Estireno (ABS)
- Acetato de Celulosa
- Acetato Butirato de Celulosa
- Policarbonatos
- Poliestireno
- Polipropileno
- Etil Celulosa
- Poliámidas (Nylon)
- Tereftalato de Polietileno (PET)
- Teflón

Los **Plásticos Termofijos** son de reacciones diversas en forma diferente, dependiendo del proceso: cuando es con temperatura controlada, primero se reduce su viscosidad y posteriormente se endurecen permanentemente (Proceso Irreversible), a éste endurecimiento permanente se le llama curado y es un cambio químico el cual es de utilidad al producto terminado, en la siguiente figura se muestran algunas aplicaciones más comunes de los termofijos.

Estos plásticos comprenden:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina Epoxi</li> <li>• Resinas Furánicas</li> <li>• Resinas Fenólicas (Fenol-Formaldehído)</li> <li>• Resinas de Melamina o Melamínicas (Melamina-Formaldehído)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliuretanos</li> <li>• Silicones</li> <li>• Resinas Urea Formaldehído</li> <li>• Resinas Ester Vinílico</li> <li>• Poliésteres no saturados</li> </ul> |
|--|--|

Proceso y producto terminado

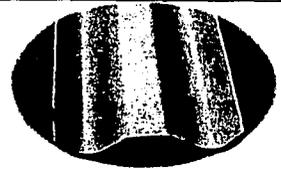
Perfil saliendo ya curado del dado caliente



Calzos para avión



Perfil para barrera de protección de carreteras

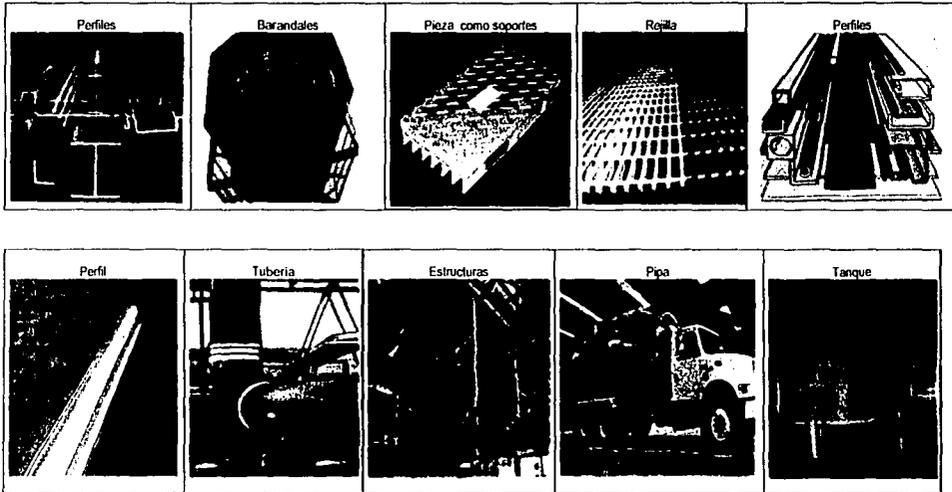


PLASTICOS REFORZADOS (P.R.F.V.) Resinas

Los (P.R.F.V.) Resinas son materiales compuestos, constituidos por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas. El refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, y resistencia al calor. La resina plástica aporta: resistencia química dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Se denominan a aquellos materiales que resultan de la combinación de dos o más componentes insolubles entre sí y que se obtienen de la unión por medio de una mezcla, manteniendo integro cada componente. Este material consta de un aglutinante como matriz (plásticos, termoplásticos o termofijos), en los cuales y durante el proceso de formación o moldeo se emplea uno o varios aglutinantes como refuerzo ("vigorizante"), y con una determinada proporción entre ellos para obtener características y propiedades específicas.

Se muestran a continuación algunas aplicaciones de los P.R.F.V. Resinas.



Los (P.R.F.V.) Resinas, poseen mejores propiedades mecánicas y físicas en comparación con sus elementos constitutivos de manera individual. Siendo el punto más crítico para el mejoramiento de estas propiedades, la resistencia en la unión interfacial.

Los materiales de refuerzo pueden ser continuos (materiales fibrosos como: poliamidas (nylon), rayón, etc.) o discontinuos (materiales no fibrosos, ejemplos: micro esferas de vidrio, mica, cristales de sulfato de calcio, etc.). Estos materiales se emplean principalmente para mejorar las características físicas de los termoplásticos, y en algunos casos como cargas en los plásticos termofijos.

### 1.1.2 PORQUE REFORZAR EL PLÁSTICO

En el presente el hombre dispone de una gran variedad de materiales con que edificar sus construcciones, obtener y procesar sus alimentos, fabricar sus herramientas, construir los aparatos y dispositivos que necesita, integrar sus medios de transporte. Utiliza entonces para cada caso el material más idóneo, o emplea combinaciones de dos o más, para así conseguir sus fines. Requerirá que los materiales posean ciertas características de acuerdo al uso, sean mecánicas, eléctricas, ópticas, de resistencia química, o de comportamiento a la intemperie (Ver **Tabla 1**). En lo relativo al comportamiento mecánico de los materiales, que es lo de interés, habrá elementos que serán soportados por otros, sin estar sujetos a esfuerzos de alguna trascendencia, mientras que habrá casos en que el elemento deberá ser estructurado, conservando su forma y resistiendo el peso propio por sí mismo.

Finalmente, estarán aquellos elementos de refuerzo, que sean del mismo material, sean de otro, a fin de conseguir el efecto deseado. En el caso del concreto, el refuerzo, que es el acero, se coloca en forma interna.

Un material de construcción en el sentido más amplio es aquel que puede utilizarse confiablemente no sólo en la obra civil, sino en una parte de maquinaria, en un aparato, en una herramienta, en un vehículo, etc. Los Plásticos no Reforzados han venido a sumarse en este siglo a los materiales convencionales de construcción como la madera, el acero, el concreto, el aluminio, o la piedra.

Estos polímeros sintéticos se emplean como elementos de construcción porque poseen cualidades tales como la ligereza, su comportamiento dieléctrico, su resistencia a la corrosión o a la intemperie y la posibilidad de ir pigmentando en forma integral. Sin embargo, los materiales plásticos no reforzados, para ciertos usos, presentan limitaciones en cuanto a su resistencia mecánica, su estabilidad dimensional o su rigidez, en muchos casos, estos inconvenientes no pueden subsanarse con un simple aumento en el espesor, se recurre entonces a reforzar estos materiales plásticos internamente con fibras, o con tejidos de estas fibras, o mediante laminados y también empleando escamas, monocristales, micro esferas o con cargas amorfas inertes. El objeto es obtener productos híbridos cuyas características superen a las de los plásticos no reforzados; híbridos que tienen similitud con el concreto armado con acero antes mencionado.

La tendencia de reforzar materiales es cada vez mayor, por los excelentes resultados obtenidos en las diversas aplicaciones dentro de la industria de la construcción, aeroespacial, automotriz, marítima, entre

otras. Como ya se mencionó, son ligeros, de relativo bajo costo por su largo tiempo de vida útil y no requieren mantenimiento continuo.

De entre los refuerzos citados, es la Fibra de Vidrio la que ofrece un balance más favorable entre el costo y las características que se obtienen.

Tabla I Propiedades de Resinas Reforzadas y no Reforzadas

PROPIEDAD	UNIDADES	POLIÉSTER	POLIÉSTER REFORZADA DEL 65 - 70% VIDRIO	VINILESTER	VINILESTER REFORZADA DEL 65 - 70% VIDRIO	EPOXICA	EPOXICA REFORZADA DEL 65 - 70% VIDRIO
Fuerza de Tensión	Psi	11200	100000	11800	100000	11000	100000
Módulo de Tensión	Psi x 10 <sup>3</sup>	---	60	4.9	60	4.8	60
% de Elongación		4.2	---	4.5	---	6.3	---
Fuerza de Flexión	Psi	17800	10000	19400	10000	16700	10000
Módulo de Flexión	Psi x 10 <sup>4</sup>	4.6	6	4.5	6	4.7	6
Temperatura de Distorsión	*F	170	60000	210	60000	330	60000
Dureza Barcol		40	40	30-38	40	50	40
Gravedad Específica		1.13	2.0	1.12	2.0	1.28	2.0

Fuente: Creative Pultusions, Inc, Design Guide

### 1.1.3 TIPOS DE REFUERZOS

Con este nombre se conoce una serie de materiales, generalmente fibrosos, y que combinados con otros materiales, forman un material compuesto, este se ve mejorado en sus características físicas y mecánicas. La gráfica siguiente ilustra la clasificación de los materiales para refuerzos.

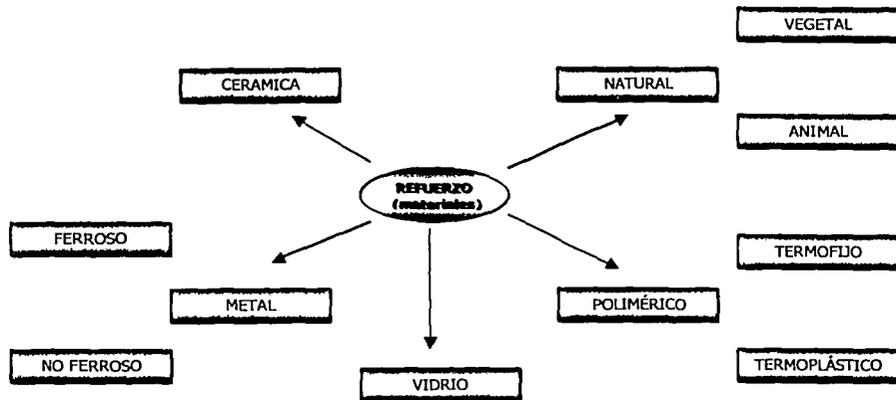


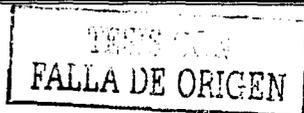
Figura 1. Materiales para refuerzo

Es notable como se incrementan las propiedades mecánicas de los plásticos con la adición de la F. de V. En la **Tabla 2** se aprecia como incrementa la rigidez (módulo de flexión) al utilizar o no la F. de V. como un refuerzo la resina poliéster similar, así como la resistencia a la tensión, mientras que la deformación por tensión disminuye. La dureza puede observarse que también mejora.

**Tabla 2** Comparación de propiedades de algunos materiales de refuerzo

PROPIEDAD	UNIDADES	VIDRIO TIPO "E"	ARAMIDA	CARBON
Densidad	Lbs/ cu. in.	0.094	0.053	0.062
Fuerza a la Tensión	Psi	500,000	430,000	275,000
Modulo de Tensión	Psi	10.5 x 10 <sup>6</sup>	19 x 10 <sup>6</sup>	55 x 10 <sup>6</sup>
% Elongación al rompimiento		4.8	2.3	0.5

Fuente: Creative Pultrusions, Inc. Design Guide



Los principales materiales de refuerzo son:

1.- Fibras naturales:

- Fibras de celulosa.
- Alfa celulosa.
- Algodón.
- Yute / Henequén.
- Sisal.

En este grupo se encuentran: el sisal, yute, henequén y algodón son fibras de origen vegetal, se emplean principalmente en algunos procesos de moldeo, cuando la pieza o producto terminado no requiere de gran resistencia mecánica. Estos materiales se utilizan con el método de picado manual en sándwich con Fibra de vidrio, obteniéndose laminados con buena resistencia mecánica, impidiendo así el ataque microbiológico a la fibra vegetal. Aunque el costo de estos materiales es bajo, su alta absorción de resina (comparada con la de la Fibra de vidrio) y su relativamente baja resistencia mecánica, hace que el costo total del laminado sea ligeramente menor que el tradicional con Fibra de Vidrio, independientemente que en caso de fractura del laminado pueda absorber humedad y degradarse ocasionando fallas. Telas de algodón coloreadas o en diseños adecuados se utilizan en esta forma para piezas decorativas (canceles, etc.).

2.- Fibras sintéticas:

Las principales fibras sintéticas son:

Poliámidas (Nylon, Kevlar)

Poliéster (Dacrón)

Poliacrilonitrilo

Fibras de Alcohol Polivinílico

---

a) Fibras de Alcohol Polivinílico:

Estas fibras, producidas para usos industriales son insolubles en agua, y aunque no poseen las características de la fibra de vidrio "E" si ofrece algunas ventajas, por ejemplo:

Excelente adhesión al plástico, aun sin el empleo de agentes promotores de adhesión.

Menor peso en el producto final, ya que su densidad es 1.3

Coefficiente de expansión térmica similar al de la mayoría de los plásticos

Mejor resistencia al impacto.

Este tipo de refuerzos se emplean en formulaciones de premezcla, para la fabricación de circuitos eléctricos, colchoneta y velo de fibra de alcohol polivinílico, se emplean para mejorar la resistencia al impacto y al intemperismo de algunos P.R.F.V. Resinas, pero su poca resistencia a temperatura (ablandamiento a 80°C) limitan su uso para ciertas aplicaciones.

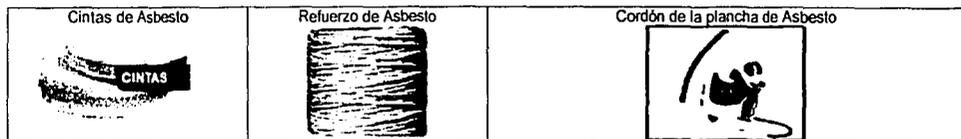
En algunas ocasiones se emplean como elementos de refuerzo, tejidos fabricados a partir de productos orgánicos, que imparten excelentes propiedades mecánicas. La utilización de poliamidas (Kevlar) en blindajes y elementos deportivos, es comúnmente conocida. Sin embargo su costo limita una mayor variedad de aplicaciones estructurales, pero el empleo en forma de velos de superficie (velos anticorrosivos de poliéster saturado) o corazones en elementos sándwich (Trevira) han cobrado una particular importancia pues mejoran la rigidez.

3.- Fibras de Asbesto (natural, inorgánico)

En algunas ocasiones, este material tipo crisotilo fue empleado como refuerzo o carga en compuestos para relleno y compuestos moldeables. Sin embargo, por estar clasificado como producto cancerígeno, su utilización esta prohibida no sólo en el campo de P.R.V.F. Resinas, sino también en otras áreas,

---

(elementos de fricción, pinturas, etc.). En la siguiente figura se muestran aplicaciones comunes de las fibras de asbesto.



#### 4.- Refuerzos Especiales (inorgánicos obtenidos por fusión)

A fin de aumentar la eficiencia y aplicación de los Plásticos Reforzados se ha desarrollado una serie de elementos reforzantes, cuya principal característica es un alto módulo de elasticidad, lo que aumenta en forma notable la resistencia mecánica de los laminados, siendo esta propiedad de especial interés en áreas especializadas como vehículos aeroespaciales, submarinos, etc.

#### Fibras de Carbono y Grafito:

Obtenidas por pirolisis de fibras orgánicas, principalmente rayón o acrilonitrilo, poseen excelentes características mecánicas que se mantienen constantes a temperaturas de 1000-2000°C, lo que favorece su empleo en áreas científicas y militares, así como en la fabricación de artículos deportivos (bastones de golf, carrocerías automotrices, Kayacs, raquetas para tenis, bicicletas de competencia, etc.).

A finales del siglo XIX, Thomas Edison y Josepha Swan inventaron un bulbo eléctrico usando fibra de carbón obtenida por carbonización de algodón y bambú, esto fue el comienzo de la historia de las fibras de carbón.

Las fibras de carbón fueron nuevamente de interés en 1950 cuando fueron usadas para la boquilla cónica del cohete donde la estabilidad térmica a muy altas temperaturas fue necesaria. El algodón y el rayón fueron usados como materias primas. A continuación se muestran algunas aplicaciones de los refuerzos de fibra de carbono.



En 1957, Barnebey-Cheney y National Carbon fabricaron una pequeña cantidad de fibra de carbón a partir de algodón y rayón.

En 1961, A. Shindo del Instituto de Investigación Industrial Gubernamental, Osaka, hizo pública la fibra de carbón a partir del poliacrilonitrilo.

En 1967, Rolls Royce anunció un proyecto para usar el P.R. con fibras de carbón en la máquina del Jet. Toray se comprometió al estudio de las fibras de carbón a partir de fibras acrílicas "Toraylon".

En 1970, Toray y Union Carbide en E.U. intercambiaron tecnologías para la manufactura de fibras de carbón.

En 1972, se utilizó la fibra de carbón en las cañas de pescar; y en 1973, se uso en los palos de golf.

En 1978, se exportó la tecnología de manufactura de fibras de carbón Toray a Union Carbide de Estados Unidos.

En 1983, se usó compuesto de P.R. con fibras de carbón en alerones de avión, puertas, cubiertas, etc.

En 1994, las aplicaciones de éstas fibras se expandieron y se utilizaron para reparaciones y como refuerzo en ingeniería civil.

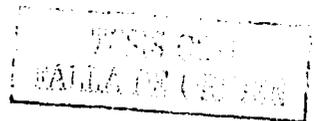
Las principales ventajas del refuerzo basado en materiales de fibras de carbón comparadas con las de otros materiales como acero y otros compuestos de P.R.F.V. Resinas son:

Fácil de usar

Perfecta compatibilidad con la forma de soporte

Control del espesor uniforme de la resina

Mejores propiedades mecánicas



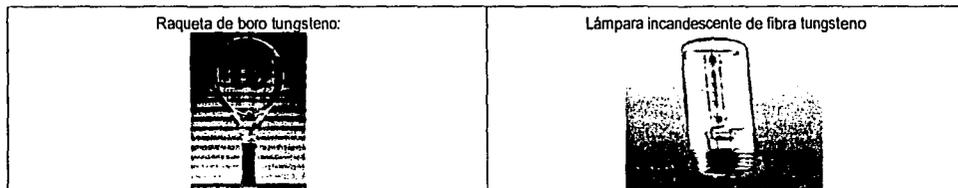
Los refuerzos están hechos para ser compatibles con superficies lisas y ásperas en construcciones hechas de diferentes materiales, tales como: concreto, acero y madera. Aunque los refuerzos con fibras de carbón son más costosos que el acero, esto se compensa con la facilidad de uso y funcionamiento mejorado.

**b) Fibras de Boro Tungsteno:**

Fabricados a partir de Tricloruro de Boro, cuyos vapores se depositan en un filamento de Tungsteno, este refuerzo impregnado con resinas Epoxi se emplea en la fabricación de laminados con aplicaciones Aeroespaciales.

El tungsteno se conoce desde 1755 cuando se encontró por vez primera combinado con calcio, en 1783 un grupo de españoles encontraron este mismo mineral pero en forma de ácido y combinado con acero y magnesio en lugar de calcio.

La aplicación moderna del tungsteno hoy en día son los filamentos del mismo utilizados en lámparas como se muestra en la siguiente figura; en algunos tipos de lámparas se han mejorado en 12 lúmenes por watt, mientras en lámparas de alto voltaje han mejorado alrededor de 22 lúmenes por watt.



En cuanto al proceso de fabricación de filamentos de tungsteno cabe mencionar que se ha usado la extrusión, en el cual se obtenía en producto quebradizo, este método se utilizó por algunos años.

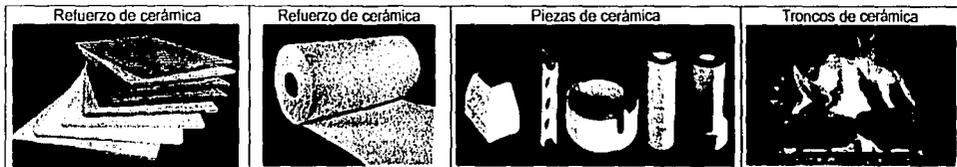
Otros procesos fueron apareciendo durante los años siguientes pero el producto fue del mismo tipo en todos los casos; elástico pero quebradizo.

En 1906 un método con gran éxito se desarrolló en América, fue un proceso con amalgama; en este método se utilizó una amalgama cadmio-mercurio, además de utilizar la extrusión para formar los filamentos de tungsteno. Los filamentos obtenidos fueron fuertes con gran ductibilidad. La amalgama era removida por volatilización a alta temperatura obteniéndose los filamentos de tungsteno. Este método fue utilizado entre 1908 y 1910 por Halske Co.

Las aplicaciones siguen siendo en lámparas y productos similares.

a) Fibras Cerámicas:

Obtenidas principalmente a partir de óxidos de Aluminio, Berilio, Magnesio, cuarzo, Circonio, poseen como característica principal, resistencia a altas temperaturas y pueden ser obtenidas por procesos de fusión a temperatura de aproximadamente 2000 °C, y centrifugado (proceso semejante al de obtención de rayón), extrusión y depósito de vapores químicos. Su utilización en tejidos y fieltros está restringida a piezas de alta tecnología, generalmente con resinas Epoxi en aplicaciones aeroespaciales, se emplean también como aislantes de alta temperatura con las resinas adecuadas (aislamientos cerámicos) como se muestran en las siguientes aplicaciones.



5.- Cargas reforzantes (Whiskers):

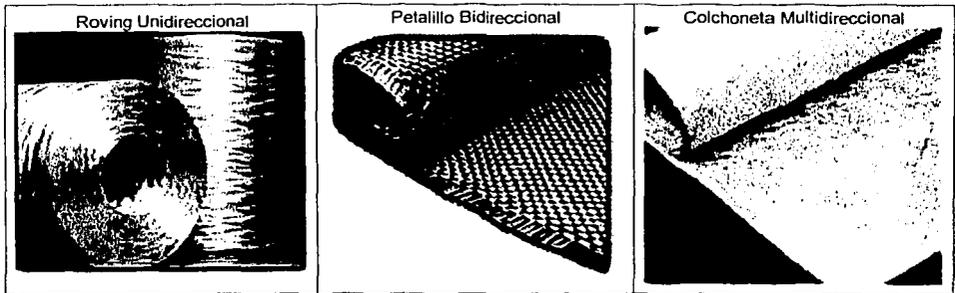
Atados de filamentos constituidos por monocristales y que no forman una fibra propiamente, proporcionan una mejor resistencia mecánica, la cuál es comparable a la unión de átomos entre sí y es debida a la perfección del cristal, cuyo crecimiento se logra bajo condiciones controladas, obteniendo y combinando de esta manera la elongación de la F. de V. y el módulo de elasticidad del Boro Tungsteno.

6.- Fibra de Vidrio (F. de V.):

En el seno de una matriz plástica, la F. de V. "toma" los esfuerzos que le son transmitidos por dicha matriz, gracias a la unión existente entre ambos materiales, atribuible a la acción del agente de acoplamiento que forma parte del apresto con el que está recubierta la F. de V.

La unión también es atribuible a la tensión existente entre la fibra y la resina ya que este último material tiene un grado de encogimiento al solidificar y endurecer presando a la F. de V. muy fuertemente en su seno.

La F. de V. posee elevadas características mecánicas que resultan de la finura extrema de los monofilamentos que la constituyen y de la forma como fueron fabricados (**Ver Tabla 3**). En efecto, el material fundido, al asomar por las perforaciones del equipo, sufre una aceleración instantánea que lo lleva del estado de reposo a tener una velocidad de más de 200 Km/h.



- Alta resistencia a la tracción
- Perfecta elasticidad
- Buenas propiedades térmicas (sin ser un aislador)
- Resistencia a la humedad
- Excelente estabilidad dimensional
- Excelente resistencia a la corrosión
- Baja constante dieléctrica
- Alta rigidez

---

Las características del vidrio de forma hebras o hilos es conocida desde que el vidrio fue descubierto, pero no es sino hasta la era industrial que se busca producir estas fibras en forma mecanizada, pues ya se daban diferentes usos: sustituto de plumas de garza, mechas para quinqué, telas para vestido. Pero las fibras prestaban todavía muchos inconvenientes, es en el presente siglo donde se desarrolla plenamente. Los alemanes durante la guerra de 1914, privados del asbesto por el bloque aliado, desarrollan la fibra para aislamiento térmico. El periodo entre las dos guerras marca la aparición de los velos de fibra de vidrio 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 aparece la fibra continua y con ella surge la alianza que da como resultado el desarrollo de múltiples compuestos de P.R.F.V. Resinas, que conoce su apogeo al acabar ésta última guerra mundial.

Después de la segunda guerra mundial, los P.R.F.V. Resinas ganaron preponderancia como materiales de construcción para barcos y domos de radar.

La industria de barcos recreativos fue la primera en usar P.R.F.V. Resinas en gran escala, y la mayoría de los datos de los primeros diseños de P.R.F.V. Resinas provienen de constructores de barcos. Los barcos fabricados de P.R.F.V. Resinas eran de peso ligero, costaban menos para construir que los de madera, y proporcionaban mejor resistencia a los ambientes de agua salada. Sin embargo, problemas de diseño, fabricación y materiales tuvieron que ser superados para prolongar el éxito en este ramo.

Las industrias Química y de Celulosa empezaron usando el P.R.F.V. con resina poliéster para reemplazar materiales mas costosos (aleaciones, acero revestido con goma, y madera). Para el término de los 60's, las resinas viniléster con base de epoxy se introdujeron al mercado, y esto mejoró el P.R.F.V. a base de mayor resistencia química. El uso de P.R.F.V. en el servicio químico agresivo fue beneficiado por la introducción de las resinas viniléster con base de epoxy noval, ya que estas proporcionaron resistencia al calor y a solventes.

En 1953 se aplicó el (P.R.F.V.) Resinas en los paneles del Corvette Chevrolet, el cual ha sido utilizado por más de 40 años en la producción de auto partes.

---

A principios de la década de 1970, se identificaron unas 40000 aplicaciones del P.R.F.V. Resinas, y desde entonces se han desarrollado otras 40000 nuevas. Si las cifras no mienten, resulta que la industria del P.R.F.V. Resinas apenas avanza con 2000 usos nuevos por año, o sea una aplicación por hora de trabajo.

Actualmente las aplicaciones registradas mundialmente van aumentando gradualmente, tanto de F. de V. sola, como de sus combinaciones, con otros materiales entre las que se cuenta de manera muy importante, las partes hechas de resinas plásticas como refuerzo de estas fibras.

**Tabla 3 Características de los diferentes tipos de Fibra de Vidrio**

TIPO DE VIDRIO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS MÁS CARACTERÍSTICOS
A	Económica.	Contenidos alcalino muy alto que se traduce en apreciable absorción de humedad.	Fabricación de velos empleados en impermeabilizantes 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.	—	Es el vidrio más empleado en todo el mundo para la fabricación de fibra para aplicaciones textiles de refuerzo.
K	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 las que le puede proporcionar el vidrio E.

Fuente: Tesis Resinas Poliéster y su aplicación en P.R.

### PROPIEDADES DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO "E"

Valores máximos obtenidos de la resistencia a la tensión en monofilamentos recién formados: 65,000 Kg/cm<sup>2</sup>

Valor usual de resistencia a la tensión para diseño: 7.000Kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad a la tensión (diseño): 350000Kg/cm<sup>2</sup> (Ver **Tabla 4**)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 4 Características de la Fibra de Vidrio Tipo "E"

CARACTERÍSTICA	VALOR
Peso específico	2.54
Absorción de humedad	Hasta 0.3%
Tenacidad (hilo seco)	54-66g/TEX(6-7.3g/denier.
Tenacidad (hilo mojado)	35-42.3g/TEX(3.9-4.7g/denier.
Relación de Poisson % elongación a la ruptura	3-4
Recuperación elástica	100%
Coefficiente de expansión lineal	5.4x10E-6cm/cm°C
Coefficiente de conductividad térmica	3.5cal/h cm2 °C
Calor específico	0.19 cal/gr °C
Punto de ablandamiento	845°C
Cte. Dieléctrica a 22°C y 102 Ciclos hertz	6.43
Cte. Dieléctrica a 22°C y 1010 Ciclos hertz	6.11
Factor de poder a 22°C y 1010 ciclos	0.0042
Factor de poder a 22°C y 1010 ciclos	0.0060
Índice de refracción	1.054 g

Fuente: Tesis "Resinas Poliéster y su aplicación en P.R.F.V. Resinas

## 1.1.4 PLÁSTICOS REFORZADOS (P.R.F.V.) RESINAS:

Se denominan a aquellos materiales que resultan de la combinación de dos o más componentes insolubles entre sí y que se obtienen de la unión por medio de una mezcla, manteniendo integro cada componente. Este material consta de un aglutinante como matriz (plástico, termoplástico o termofijo), en los cuales y durante el proceso de formación o moldeo se emplea uno u otros aglutinantes de refuerzo de diferentes formas geométricas ("vigorizante"), y con una determinada proporción entre ellos para obtener características y propiedades específicas.

Los P.R.R.V. Resinas, poseen superiores propiedades mecánicas y físicas en comparación con sus elementos constitutivos de manera individual. Siendo el punto más crítico para el mejoramiento de estas propiedades, la resistencia en la unión interfacial.

Este material de refuerzo puede ser continuo (materiales fibrosos como: poliamidas (nylon), rayón, etc.) o discontinuo (materiales no fibrosos, ejemplos: micro esferas de vidrio, mica, cristales de sulfato de calcio, etc.) (Ver Tabla 5). Estos materiales se emplean principalmente para mejorar las características físicas de los termoplásticos, y en algunos casos como cargas en los Plásticos Termofijos.

Tabla 5 Propiedades mecánicas de materiales empleados como refuerzos en la industria de los P.R.F.V. Resinas

MATERIAL	RESISTENCIA TENSIÓN (KGS/CM <sup>2</sup> ) (LBS/IN <sup>2</sup> X 1000)	ULTIMO ALARGAMIENTO %	GRAVEDAD GRAVEDAD ESPECIFICA
Fibra de Vidrio	14-15.4 (200-220)	3.0-4.0 (2.5-3.5)	2.54
Zentron	3800-4000 (575)	—	2.45
Poliéster: Dacrón	5.4-6.1 (77-88)	19-25	1.38
Poliétileno: Alta densidad (UHMWPE)	3.5-6.3 (50-90)	10-20	0.95
Baja densidad	0.7-2.4 (11-35)	20-80	0.92
Polipropileno	3.5-6.3 (50-90)	15-25	0.91
Algodón	3.1-7.6 (44-109)	3-7	1.54
Lana	3.1-7.6 (20-29)	25-36	1.32
Rayón: Viscosa reg.	2.03-3.2 (29-46)	30-74	1.5
Viscosa alta Tenacidad	4.5-7.3 (65-105)	9-22	1.5
Acelato	1.54-19.6 (22-28)	23-34	1.3
Nylon: Regular	5.11-5.9	24-40	1.14
Kevlar	(73-84)	—	1.44
Teflón	3.2-3.5 (47-49)	13-15	2.3
Acrílico	3.7-3.9 (53-55)	33	1.17
Grafito	28.0 (400)	—	1.15

Carbón	5.80 (180)	—	1.42
Boro/Tungsteno	30-31 (490)	—	2.60
Yute	3.1 (53-54)	5-8	1.6
Ramlo	3.1 (53.4)	—	—
Seda	3.2-5.7 (50-80)	—	1.5
Lino	2.05 (28)	3-7	1.3
Asbesto *: Crisotilo	5.7 (82.4)	—	2.4-2.6

Fuente: Tesis \*Resinas Poliéster y su aplicación en P.R.F.V. Resinas

#### Clasificación de los P.R.F.V. Resinas:

Con base en su funcionalidad se clasifican en dos partes:

- 1.- Piezas de P.R.F.V. Resinas Estructurales de Ingeniería de Alta Resistencia Mecánica específicamente requerida
- 2.- Piezas de P.R.F.V. Resinas de Ingeniería para Uso Común

Donde ambas clasificaciones, únicamente cambian sus resultados de funcionalidad por el tipo de refuerzo a utilizar, ( Ver **Tabla 6** )

#### 1.1.4.1 PROPIEDADES DE LOS PLASTICOS REFORZADOS (P.R.F.V.) RESINAS:

La creciente demanda y aplicación de artículos de P.R.F.V. Resinas se debe básicamente a las propiedades y características de este tipo de materiales entre las que podemos mencionar los siguientes:

- Facilidad en el manejo de los componentes
- Rápida cura y viabilidad de uso
- Excelentes propiedades físicas y mecánicas.
- Excelente resistencia a la corrosión y a una gran cantidad de agentes químicos.
- Excelente acabado por ambas caras (pigmentado, pintado, maquinado, etc.)
- Excelente estabilidad dimensional en el producto final.
- Excelentes propiedades dieléctricas.
- Facilidad de reparación.
- Fabricación o moldeo "IN SITU" sin necesidad de equipo incomodo o de difícil operación.

Las principales ventajas que tienen los P.R.F.V. Resinas son:

- **Altas propiedades mecánicas:**

El P.R.F.V. Resinas puede ser diseñado de tal manera que obtenga altas propiedades mecánicas incluyendo resistencia a la tensión, a la flexión, al impacto y a la compresión. A diferencia de materiales tradicionales el P.R.F.V. Resinas ofrece la capacidad de escoger las materias primas y orientar los refuerzos.

Eligiendo la matriz plástica, el refuerzo y el proceso adecuado se obtienen propiedades iguales o incluso superiores que los metales y el cemento.

- **Ligereza en peso**

Las piezas de P.R.F.V. Resinas son más resistentes comparadas en peso con la mayoría de los metales.

- **Flexibilidad de diseño:**

Los P.R.F.V. Resinas tienen la capacidad de crear prácticamente cualquier forma por compleja que éste sea, estructural, decorativa o funcional.

---

- Estabilidad dimensional:

A diferencia de los metales, la madera y los Plásticos No reforzados, los P.R.F.V. Resinas por ser un termofijo no se deforman y su funcionalidad es constante bajo severos esfuerzos mecánicos y ambientales.

- Excelente Resistencia Dieléctrica:

Esta propiedad es una ventaja aprovechada contra los materiales convencionales para piezas utilitarias en el sector eléctrico, generalmente como sustitución de metales.

- Excelente resistencia a la corrosión:

Los P.R.F.V. Resinas no se oxidan ni se corroen, proporciona grandes ventajas sobre los materiales convencionales. Con una adecuada selección de resinas para el requerimiento específico, da como resultado un producto de excelencia con un prolongado tiempo de vida útil y el valor agregado de no requerir continuo y casi nulo mantenimiento.

- Consolidación de partes:

El P.R.F.V. Resinas, tiene la ventaja de crear piezas integrales que normalmente son difíciles de realizar con los materiales convencionales, contribuyendo a reducir costos por su largo tiempo de vida útil.

- Diversos tipos de acabados:

En las piezas de P.R.F.V. Resinas, se logran acabados diversos para usos específicos requeridos, empleando los aditivos adecuados y adicionando colores integrados, por ejemplo terminados tipo cantera, madera y sanitarios.

- Bajo costo de herramientas:

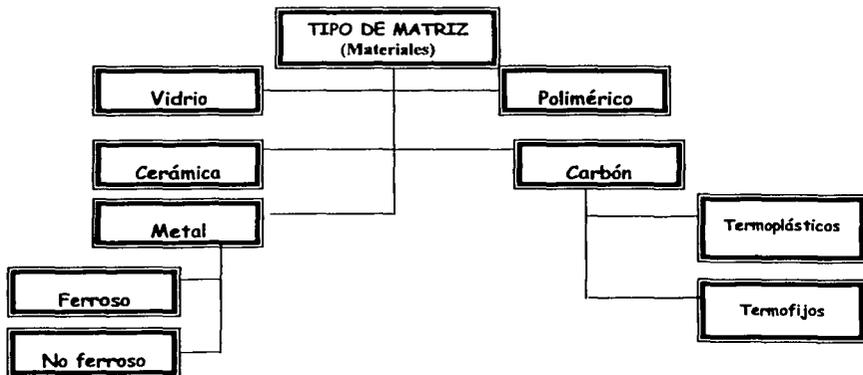
Comparando la inversión que se requiere para los materiales como el acero, aluminio, y otros metales, la del P.R.F.V. Resinas es mucho menor.

---

#### 1.1.4.2 MATERIALES UTILIZADOS COMO MATRICES:

La matriz de un P.R.F.V. Resinas es el material utilizado como base, por tanto, la selección debe realizarse considerando: la aplicación final del P.R.F.V. Resinas, condiciones de carga o esfuerzo, temperatura y ambiente como las más importantes. Pero lo más importante es que la elección final debe cumplir con la propiedad básica de adhesión por ser este un factor determinante en todo P.R.F.V. Resinas. Esto permite tomar en consideración cómo se transmite el esfuerzo a los componentes y la magnitud de los esfuerzos generados en la interfase matriz-esfuerzo. De acuerdo a las consideraciones mencionadas pueden ser utilizados como matrices los siguientes materiales (Ver figura 3):

Figura 3. Tipo de materiales para matrices



Entre los polímeros existen diferencias de consideración con respecto al comportamiento bajo condiciones de esfuerzo / deformación, dependiendo de la estructura química resultante de la polimerización. Es posible mejorar estas condiciones a través de mezcla entre polímeros, principalmente los epóxicos con fenólicos. Así se encuentran polímeros con respuesta elástica (frágil) y plástica, además de mayor o menos

capacidad de adhesión con los materiales de refuerzo. En la siguiente tabla se muestran los materiales de mayor demanda para matrices poliméricas.

Tabla 6 **Materiales poliméricos más comunes utilizados como matrices.**

TERMOPLÁSTICOS	TERMOFIJOS	ELASTÓMEROS
Acronitrilo butadieno Estireno (ABS)	EPOXI	Estireno-butadieno
Acetatos	Metamina formaldehído	Policloropreno
Acrílicos	Fenólicos	Polibutadieno
Acetatos de celulosa	Poliésteres	Silicones
Metilpentano	Policamidas	Uretano
Nylon 6/6	Silicones rígidos	
Polibutileno	Caucho de silicón	
Policarbonato	Urea formaldehído	
Poliétileno	Urea	
Poliéster		
Poliestireno		
Vinilos rígidos		

Fuente: Tesis "Resinas Poliéster y su aplicación en P.R.F.V. Resinas"

## 1.2 USOS Y APLICACIONES

### 1.2.1 CRECIENTE APLICACION DE LOS (P.R.F.V.) RESINAS

El P.R.F.V. Resinas son materiales compuestos, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas. El refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, y resistencia al calor. La resina plástica aporta: resistencia química, dieléctrica e intemperismo.

El término P.R.F.V. Resinas, comprende toda una familia de materiales.

Cada uno está constituido de una matriz de resina polimérica reforzada mediante un agente que le hacen más fuerte.

Se puede especificar una amplia gama de resinas y refuerzos. También se hace variar la orientación y el contenido de las fibras, para obtener las propiedades deseadas.

Con frecuencia, se usan aditivos para obtener características especiales, como son las de retardancia a la flama o de resistencia a la degradación por exposición a los rayos U.V.

---

Todas estas opciones que hay en los compuestos permiten crear una amplia gama de materiales de aplicación. Los compuestos se formulan y crean para cumplir con requerimientos específicos en las exigencias de rendimientos múltiples. Esto da como resultado que la Industria del P.R.F.V. Resinas, sea una de oportunidades con alto porcentaje de éxito.

Los compuestos de P.R.F.V. Resinas, ofrecen una excelente estabilidad dimensional, las tolerancias de norma se cumplen tanto en piezas pequeñas y complejas al igual que en enormes estructuras, garantizando óptimos rendimientos bajos amplios rangos de esfuerzos y temperaturas.

Los compuestos de P.R.F.V. Resinas, permiten también consolidar varias partes funcionales en un solo componente en sus diversos procesos.

Aun el compuesto más simple cumple los requerimientos contra la corrosión. Sin embargo, en aplicaciones severas se pueden emplear materiales de mayor rendimiento y técnicas especiales de proceso para obtener cualidades adicionales contra la corrosión o la agresión química, así como excelentes aislantes dieléctricos.

Por menor costo en herramienta y equipo, la fabricación y transformación de P.R.F.V. Resinas se proyecta como una de las mejores alternativas de inversión. Esto permite que los P.R.F.V. Resinas respondan a las necesidades del mercado en un menor lapso de tiempo.

Las ventajas ambientales que dan como beneficio el uso de los materiales de P.R.F.V. Resinas, por no ser contaminantes y aunado a su ligereza y capacidad de múltiples formas aerodinámicas, los materiales de P.R.F.V. Resinas, son de gran desarrollo en el transporte terrestre, marino y aéreo y contribuyen a reducir el consumo de combustibles contaminantes. Por ejemplo: el menor peso y la menor resistencia al aire también hacen posible el empleo de vehículos eléctricos, de contaminación cero. Además por ser ligeros y resistentes, se emplean en el 95% del transporte en general.

Los compuestos de P.R.F.V. Resinas representan, un menor uso de recursos naturales y su tiempo de vida útil, superan ampliamente a los materiales convencionales, que son imprescindiblemente reemplazados en tiempos cortos.

---

Por su durabilidad y resistencia a la mediana y agresiva corrosión, los compuestos de P.R.F.V. Resinas, se caracterizan como los más rentables principalmente en equipos de control de la contaminación en general. En la actualidad, el desperdicio de los compuestos de P.R.F.V. Resinas, está siendo reutilizado para aplicaciones de menores requerimientos de resistencia mecánica específica, convirtiéndose en reciclable, por ejemplo, la aplicación en carreteras sustituyendo a la carpeta asfáltica, como la aplicación física en el túnel que conecta a los países de Inglaterra y Francia.

### 1.2.2 SEGMENTOS DE MERCADO

Gran variedad de aplicaciones del P.R.F.V. Resinas, sustituyen con grandes ventajas a los materiales convencionales como: madera, aluminio, acero y muchos más, los cuales no pueden ser usados por sus requerimientos específicos.

Los informes más recientes, reportan que en los últimos 45 años (Ref. 2), más de 80 000 aplicaciones han sido desarrolladas en todo el mundo. Algunos de los mercados más comunes se enlistan a continuación (Ver Tabla No. 7):

**Tabla 7 Aplicaciones del Plástico Reforzado en diversos segmentos de mercado**

MERCADO	APLICACIÓN
Transporte	Paneles, exteriores de la carrocería, defensas, paneles de instrumentos, cabinas de camión, asientos de metro, deflectores de aire, rines, etc.
Marino	Incluyen partes para barcos y balsas comerciales y de recreación, como cubiertas, cascos de barcos, compartimentos, lanchas, canoas, kayaks, etc.
Construcción	Dentro de este mercado se clasifican todas las piezas relacionadas con la construcción o mantenimiento de casas, edificios, carreteras, etc., como ejemplo, albercas, baños, regaderas, puertas, ventanas, piezas para señalización, postes, etc.
Eléctrico	Aquí se incluyen todos los componentes para aplicaciones de uso eléctrico como equipo de subestación, antenas, electrónicas, conexiones, circuitos, etc.
Corrosión	Incluyen productos que tengan contacto con sustancias corrosivas como tubería, conexiones, tanques, bombas, válvulas, ductos, equipo de tratamiento de aguas, etc.
Equipos y aparatos electrónicos	En esta clasificación se incluyen carcazas o piezas para refrigeradores, hornos de microondas, congeladores y equipo de oficina como computadoras, máquina de escribir, calculadoras, etc.
Aplicaciones bélicas	Componentes para aeronaves militares, armamentos, domos para radar, chapas de blindaje, soporte militar de tierra, lanzadores de cohetes, etc.
Telas y otras aplicaciones industriales	Filtros, cordones de uso no eléctrico, cajas para baterías, mosquiteros para ventanas, discos y lijas abrasivas, etc.
Artículos de consumo	Cañas de pescar, arcos, raquetas, resbaladillas, albercas, trampolines, vehículos recreativos, etc.

Fuente: Reinforced Plastics, October 1992.

Ref. 2. Según estudio realizado por Vitro Fibras S.A. de C.V. en el año de 1999.

# RESINAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

35-152

## 2 RESINAS

### 2.1 CLASIFICACIÓN DE RESINAS SEGÚN SU GRUPO FUNCIONAL

En la siguiente figura se muestra la clasificación de las resinas dependiendo de su grupo funcional.

Figura 4. Clasificación de resinas dependiendo su grupo funcional

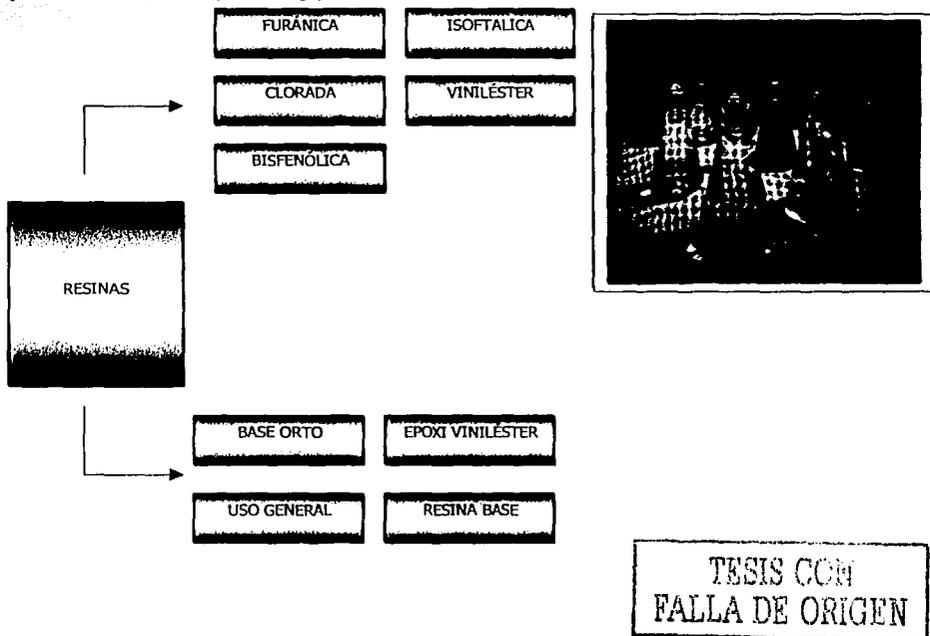


Tabla 8 Propiedades principales de algunas resinas de mayor aplicación

RESINA	CONSTITUYENTES	TEMP. TRABAJO (°F)	CARACTERÍSTICAS
Viniléster	Poliésteres difuncionales epóxi metacrilados	220 - 225 F	Proporcionan excelente resistencia a los ácidos, álcalis, hipocloritos y algunos solventes.
Poliéster clorado	Basadas en anhídrido clorado	Altas temperaturas	Utilizadas en ambientes altamente oxidantes
Poliéster bisfenol Fumarato	Óxido propileno y ácido fumárico	250 F	Resistente a medios básicos y a la acidez.
Furánica	Basada en un polímero furán derivado del alcohol furfúril	250 F	Excelente resistencia a los álcalis y ácidos
Poliéster Isoftálica	Producto de la reacción de ácido isoftálico, glicoles y anhídrido maléico	180 F	Usados en medios de moderada corrosión, resistencia al agua, ácidos y en solventes.
Epoxi viniléster	Producto de modificaciones químicas a partir de estructuras iniciales de epoxi, a las que se les agregan dobles enlaces viniléster.		Insuperable resistencia a la corrosión en ambientes químicos, al impacto, a la fatiga y alta resistencia mecánica.

Fuente: Reinforced Plastics, December 1998

## 2.2 CLASIFICACION DE RESINAS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS

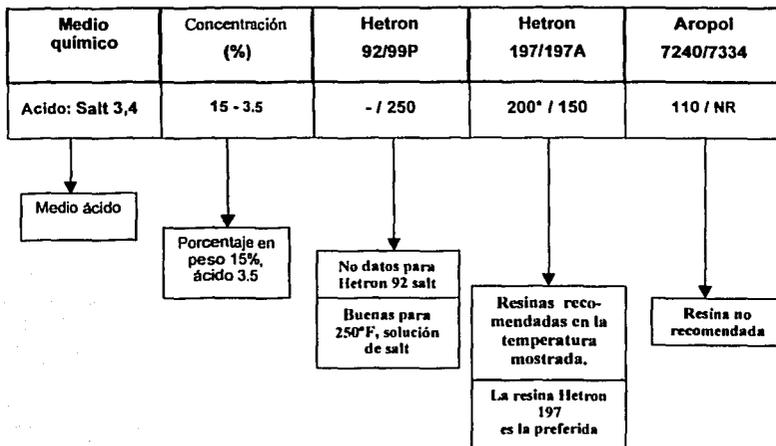
Tabla 9 Propiedades y limitaciones principales de algunas resinas

TIPO DE RESINA	CARACTERÍSTICAS	LIMITACIONES
EPOXI	Excelente resistencia química. Buenas propiedades térmicas. Excelentes propiedades dieléctricas.	Largos ciclos de curado. Mejores propiedades obtenidas solo con curado a elevadas temperaturas.
FENÓLICA	Excelentes propiedades térmicas. Buenas propiedades de retardancia a la flama. Buenas propiedades eléctricas.	Limitación de color Resistencia a álcali
POLIÉSTER	Buena resistencia química. Buenas propiedades eléctricas Fácil uso. Curado a temperatura del cuarto y elevadas temperaturas.	Emisión de estireno. Flamabilidad. Encogimiento en el curado.
POLIAMIDA	Excelentes propiedades térmicas. Buenas propiedades eléctricas. Buenas propiedades de retardancia a la flama.	Restringido cambio de color. Resistencia al arco. Resistencia al ácido y al álcali.
POLIURETANO	Excelente resistencia química Buena resistencia a la abrasión	Largos ciclos de curado. Puede ser curado a elevadas temperaturas. Falta de adhesión.
SILICON	Excelentes propiedades térmicas, resistencia química, propiedades eléctricas. Resistente a la hidrólisis y oxidación. Buenas propiedades de retardancia a la flama. No tóxico	Falta de adhesión Largos ciclos de curado Puede ser curado a elevadas temperaturas.
VINILÉSTER	Buena resistencia a la fatiga. Excelente resistencia química.	Emisión de estireno. Flamabilidad. Encogimiento en el curado.

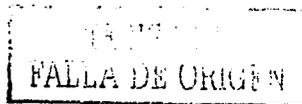
Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tómo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

## 2.3 SELECCION DE RESINA

Seleccionar la resina adecuada, es la etapa más importante, que asegura una redituable inversión dando como resultado la aplicación adecuada para un uso específico, y para lograr una exitosa selección, se cuenta con manuales y guías como se muestra en la siguiente figura, mismos que son elaborados por los fabricantes de resinas.



Es importante, cerciorarse de que dichos manuales y guías cuenten con la aprobación de las pruebas y resultados del tipo de resina certificadas por laboratorios registrados, tomando en cuenta las recomendaciones de los diferentes fabricantes.



Para asegurar la calidad de los equipos fabricados de P.R.F.V. Resinas, deben ser tomados algunos de los más importantes requerimientos específicos, por ejemplo:

- Todos los químicos a los cuales va a estar expuesto el plástico reforzado.
- Concentraciones normales de operación de los químicos; concentraciones máximas y mínimas.
- Rango de pH del sistema en el que operará el P.R.F.V. Resinas.
- Temperatura normal de operación: máxima y mínima.
- Requerimientos de agitación, si los hay.
- Requerimientos de resistencia a la flama.

# ADITIVOS



TESIS CC  
FALLA DE ORIGEN

### 3 ADITIVOS

#### 3.1 GENERALIDADES

Diversos aditivos, como cargas existen en el mercado que sirven de apoyo para obtener características especiales, como son las de retardancia al fuego, exposición al intemperismo y a los rayos U.V.

Algunos otros aditivos son agregados a las resinas, para ajustar propiedades del proceso o la reducción en los costos.

Los aditivos son generalmente en forma de partículas o líquidos, o combinaciones de los dos (pastas), este tipo de materiales pueden ser inorgánicos y orgánicos, que incorporados a los plásticos antes o durante su transformación modifican sus propiedades con grandes beneficios como:

- Rápida transformación
- Mejoran la apariencia
- Alargan la vida útil
- Frenan el ataque de factores Físico-químicos
- Crean nuevas aplicaciones y desarrollos

#### 3.2 SELECCIÓN DEL ADITIVO ADECUADO

Para seleccionar el tipo de aditivo adecuado y la cantidad a utilizar, es necesario determinar las características y propiedades del compuesto de P.R.F.V. Resinas, que son requeridas tanto por el transformador como por el usuario final.

Mezclar resinas con aditivos mediante métodos físicos ofrece mejor funcionalidad, menores costos por unidad, mayor resistencia, versatilidad de colores y facilidad de procesamiento.

---

El aditivo apropiado a elegir, deberá cumplir con las siguientes características específicas:

- Seguro y de práctico manejo
- Dispersión homogénea con las resinas, sin degradar sus propiedades
- Debe mejorar propiedades del producto final de P.R.F.V. Resinas
- Debe simplificar el proceso de transformación del P.R.F.V. Resinas
- No debe ser tóxico

Los aditivos se comercializan en diferentes presentaciones como: líquidos, polvos y pastas.

Es de suma importancia tener en cuenta los principales factores que degradan a la P.R.F.V. Resinas para poder minimizarlos con el uso de aditivos específicos, en la siguiente tabla se muestran algunos de estos factores (Tabla 10).

**Tabla 10 Algunos de los factores más comunes que degradan al P.R.F.V. Resinas**

FACTOR	EFEECTO
Procesos Térmicos	Degradación Térmica
Oxígeno	Oxidación
Rayos UV	Fotodegradación
Hongos	Biodegradación
Esfuerzos Mecánicos	Fragilidad
Tiempo	Envejecimiento
Fuego	Flamabilidad
Electricidad	Cargas Estáticas
Uso	Desgaste

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999, 2001.

### 3.3 CLASIFICACION DE ADITIVOS

De acuerdo a la propiedad o característica del procesamiento que modifican los aditivos se clasifican como se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11 Factores que afectan a Plásticos**

ADITIVO	EFEECTO
Procesamiento Funcionales	Facilitan la transformación Modifican propiedades

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999, 2001.

#### 3.3.1 ADITIVOS DE PROCESAMIENTO:

Los aditivos de Procesamiento tienen la función principal de evitar que la resina se degrade durante el tiempo que permanece en el equipo de transformación, proporcionando cualidades que facilitan su procesamiento, además de:

Contribuye a la no adherencia entre el compuesto moldeable con el equipo  
Mejora el flujo

Aumenta velocidad de producción

Minimiza desperdicios

Minimiza costos

Este grupo de aditivos está formado por:

- Estabilizadores Térmicos
- Antioxidantes
- Lubricantes
- Agentes Desmoldantes
- Modificadores de Flujo
- Modificadores de Viscosidad

#### 1.- Estabilizadores Térmicos:

Son utilizados principalmente para proteger compuestos de P.R.F.V. Resinas, que son altamente sensibles a la degradación térmica que puede ocurrir a la temperatura que es generada durante el proceso de

transformación, dando como resultado la pérdida de propiedades mecánicas, decoloración del producto y separación de laminados.

Los estabilizadores térmicos contribuyen a la retardancia o eliminación de las reacciones químicas no deseadas, para que se lleve a cabo la transformación de los P.R.F.V. Resinas, sin riesgo de perder propiedades en el producto final.

Existen dos tipos de estabilizadores térmicos. De acuerdo a la función requerida, son conocidos como primarios y secundarios.

a) Estabilizadores Térmicos Primarios:

Previenen la degradación térmica y tienen las siguientes características:

Eliminan los puntos de inicio de reacción

Previenen la auto oxidación

Reducen la fragmentación mecano-química funcionando como lubricantes internos

b) Estabilizadores Térmicos Secundarios:

Estos aditivos no poseen el efecto de termo estabilización, sin embargo, mejoran la efectividad de los sistemas estabilizadores primarios.

A este grupo pertenecen los siguientes compuestos, los cuales también se conocen como coestabilizadores:

**Fosfitos Orgánicos:** Son importantes coestabilizadores que se utilizan principalmente en combinación con estabilizadores primarios, como las mezclas Bario-Zinc, Calcio-Zinc, etc.

**Algunos Compuestos como Epoxidados:** Se pueden utilizar como estabilizadores, especialmente cuando se combinan con Bario, Cadmio. Proporcionan estabilidad al calor y la luz, así como flexibilidad a bajas temperaturas.

---

## 2.- Antioxidantes:

Estos aditivos ayudan a inhibir o retardar el mecanismo de oxidación-degradación de las resinas, que se produce durante su fabricación o transformación.

Durante la polimerización para la producción de plásticos intervienen iniciadores y catalizadores; éstos pueden no ser eliminados completamente en la etapa de purificación del polímero, por lo que las impurezas, originan que se inicie la oxidación.

Esto es debido a que los radicales libres presentes poseen afinidad con el oxígeno del catalizador o iniciador y atraen hidrógeno produciendo hidroperóxidos inestables, los cuales pueden reaccionar en cadena con el polímero, reacción que no se detiene hasta que se produce un grupo inerte.

En la transformación del polímero, las temperaturas de procesamiento y la velocidad de producción elevadas son condiciones propicias para la degradación del material.

Existe un tipo especial de antioxidantes denominados antiozonantes, que ayudan a detener la degradación del polímero debido al ozono. Por cualquier de las causas anteriores, cuando un polímero se degrada presenta:

- Decoloración o amarillamiento
- Pérdida de propiedades mecánicas
- Rigidez
- Pérdida de peso

Los antioxidantes son utilizados por los transformadores de materiales plásticos en los rubros comerciales para aplicaciones específicas no estructurales.

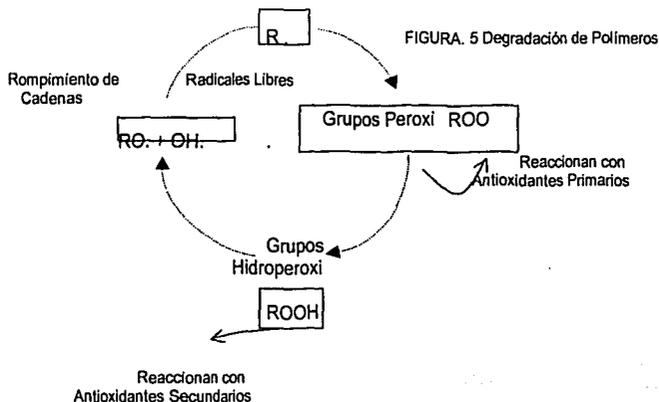
De acuerdo a su funcionamiento, los antioxidantes se clasifican en Primarios y Secundarios:

### Antioxidantes Primarios:

Inhiben la degradación oxidativa por medio de la captura de radicales libres, eliminando los radicales peroxi. Son principalmente compuestos fenólicos y aminas aromáticas, que contienen grupos OH ó NH reactivos, que donan los hidrógenos para capturar los radicales libres.

También tienen la cualidad de ser más efectivos en la protección oxidativa a largo plazo, es decir detener el envejecimiento del material durante su vida útil.

Si el mecanismo de auto oxidación se planteara como un ciclo donde se forman grupos peroxi e hidroperoxi, los antioxidantes primarios detendrían la oxidación de la fase de formación de grupos peroxi y los secundarios en la etapa de formación de los grupos hidroperoxi como sigue:



Los principales Antioxidantes Primarios son:

#### Compuestos Fenólicos

Son los antioxidantes primarios más comunes, tienen buena estabilidad térmica, además de poseer diversos grados para diferentes temperaturas de procesamiento, estos antioxidantes no manchan al producto ni causan decoloración y tienen aprobación FDA, cómo ejemplos se tienen:

El Hidroxitolueno Butilato (BHT), el cual es utilizado para estabilizar poli olefinas, vinilos y elastómeros, teniendo la desventaja de ser volátil.

Compuestos Fenólicos de alto peso molecular, se aplican cuando existen velocidades de procesamiento elevadas, esto provoca que la temperatura se eleve y el BHT no sea utilizado debido a su volatilidad, proporcionan mayor permanencia, son de poco uso por su elevado costo, son utilizadas en pequeñas cantidades.

#### Aminas Aromáticas

Son más efectivas que los compuestos fenólicos, pero producen manchas, se decoloran y no están aprobados por la FDA, su uso está limitado debido a la decoloración que originan, por lo que se aplican sólo en materiales donde este defecto se pueda ocultar, como es el caso del Nylon y del Poliestireno cargado con Negro de Humo.

#### b) Antioxidantes Secundarios

Su función es descomponer los hidróxidos insaturados, por lo que no se utilizan como antioxidantes únicos en el plástico, ya que sólo detienen la reacción en cadena pero no el inicio de la descomposición, se deben utilizar en combinación con los antioxidantes primarios, para proporcionar mayor estabilidad.

Los compuestos más comunes contienen azufre o fósforo, los más conocidos son:

#### Los Tioéteres

Derivados del ácido Tiodipropiónico, generalmente se utilizan cuando se requiere obtener estabilidad al calor en ciclos de moldeo largos, aunque presentan un costo elevado, si se combinan con los antioxidantes primarios, pueden usarse en cantidades pequeñas, por lo que su costo real disminuye, aun así su aplicación es limitada porque algunos tipos transmiten olor y color a los plásticos, sin embargo, no causan decoloración y están aprobados por FDA. Presentan interferencia con Absorbedores U.V.

#### Los Fosfitos

Se usan en conjunto con antioxidantes primarios, especialmente en aplicaciones donde se requiere estabilidad al calor, estos actúan como estabilizadores y pueden minimizar los cambios de viscosidad durante el proceso. Una desventaja de los fosfitos, es su sensibilidad a la hidrólisis, esta característica varía de acuerdo a la calidad de los fabricantes.

### 3.- Lubricantes:

Se utilizan en los procesos de transformación de uno o varios compuestos de P.R.F.V. Resinas como inyección, extrusión, soplado, pultrusión y otros, ya que su función principal es minimizar el calor generado en el polímero, reduciendo la viscosidad. Sin embargo, no todos los lubricantes poseen estas tres funciones, por lo que es necesario combinar dos o más tipos en un compuesto.

La estructura básica de estos aditivos son ésteres, amidas, alcoholes y sales metálicas.

Los lubricantes se clasifican en:

- Internos
- Externos
- Internos-Externos

#### Lubricantes Internos:

Su función se realiza en las moléculas de la resina, cuando los compuestos se encuentran en proceso de polimerización. Son compatibles con el polímero y promueven la mejora en el proceso.

En este grupo se encuentran los alcoholes, ésteres, ácidos grasos y las amidas de ácidos grasos, de cadena molecular relativamente corta, 14 a 18 átomos de Carbono.

#### Lubricantes Externos:

Presentan la cualidad de ser incompatibles con el polímero, por tal razón al combinarlos con el material, se crea una capa superficial que separa los compuestos de P.R.F.V. Resinas con las matrices de diversos materiales, por lo que evita que el material se friccione en exceso.

Dentro de los lubricantes externos se encuentran las ceras de hidrocarburos y las ceras polietilénicas.

#### Lubricantes Internos / Externos:

Algunos lubricantes son considerados como externos pero tienen características de un interno y viceversa por lo que se conocen como lubricantes internos/externos.

Algunos lubricantes internos/externos son los estearatos metálicos y ésteres quienes ayudan a dispersar los pigmentos y de esta forma evitar que formen flóculos y se aglomeren, teniendo como consecuencia la optimización del funcionamiento de los pigmentos y obteniendo con la misma cantidad mayor brillo y claridad.

Por otro lado, si se considera que esta optimización del funcionamiento de los pigmentos, está basada en evitar los aglomerados, también ofrecen capacidad de humectación para las cargas.

#### 4.- Agentes Deslizantes:

Básicamente, se utilizan en la fabricación de película, proporcionando lubricación en la superficie de ésta, durante y después del procesamiento. Poseen una compatibilidad limitada y su función es la de migrar a la

---

---

superficie de los plásticos, donde reducen el coeficiente de fricción, evitando así, la adherencia de las películas con la maquinaria, se recomienda utilizar en niveles del 0.05%.

Con la adición de estos aditivos, al migrar generan una capa superficial que ayuda a la película a deslizarse.

Estos aditivos son compuestos de bajo punto de fusión que a la temperatura de procesamiento del material se mezclan con el polímero, pero cuando este se enfría el aditivo migra a la superficie.

Los agentes deslizantes más comunes son las amidas grasas como la behenamida, araquidamida, estereamida, palmitamida y otras.

Dependiendo de la fuente de obtención, éstas poseen diferentes propiedades y con estas el grado en que modifican el deslizamiento de las películas.

Las amidas más económicas son las de origen animal, pero presentan menor resistencia térmica, por lo tanto para materiales que requieren elevadas temperaturas de procesamiento es factible que las amidas se arrancien y esto provoque mal olor en el producto.

Como el funcionamiento de los agentes deslizantes depende de su capacidad de migración, es importante mencionar que esta migración se puede modificar si la película es una sola en la estructura o ésta se compone de varias capas, así como las características bajo las cuales fue embobinada y almacenada la misma.

Esto se debe a que en elevadas temperaturas de almacenamiento las amidas se vuelven a disolverse en el polímero y pierden su efecto deslizante, así como también un exceso de tensión en el embobinado extrae gran parte de las amidas perdiendo su efecto deslizante y provocando cierto bloqueo en las películas.

##### 5.- Modificadores de Flujo:

Ayudan a modificar el flujo del polímero fundido, además de acelerar el proceso de fusión y aumentar la resistencia al impacto.

- Modifican las propiedades del polímero de las siguientes formas:
- Disminuyen la temperatura de fusión del polímero
- Mejoran la estabilidad al calor, proporcionando un margen amplio de seguridad en el uso de regranulado.
- Aumentan la resistencia del material al calor
- Reducen la fractura del polímero fundido
- Permiten el procesamiento a elevadas velocidades
- Proporcionan una superficie de calidad en los productos
- Incrementan la homogeneidad en la masa fundida, evitando las ondulaciones
- Aumentan la velocidad de producción, así como la maleabilidad y termoformabilidad del material
- Mejoran las propiedades mecánicas

En el mercado existen varios tipos de modificadores de flujo, los más conocidos son los homopolímeros de metacrilatos, especialmente el Polimetilmetacrilato (PMMA), existen también copolímeros como el Estireno acrílico, Acrílico-Etil-Acrilato y otros.

#### 6.- Modificadores de Viscosidad:

Modifican la viscosidad del polímero para facilitar su procesamiento y aplicación.

Existen dos tipos: los Depresores y los Promotores de viscosidad.

---

a) Depresores de Viscosidad:

Son aditivos que disminuyen la viscosidad del polímero fundido o plastisol.

Son Ácidos Grasos Etoxilados y laurato de Polietilen Glicol, que incrementan la fluidez.

Promotores de Viscosidad.

Sirven para incrementar la viscosidad del polímero fundido o plastisol, se emplea el estearato de aluminio o sílica, evitan el escurrimiento del plástico cuando se aplica manualmente.

Los estearatos, se utilizan para plastisoles y la sílica para resina poliéster insaturada.

### 3.3.2 ADITIVOS FUNCIONALES

Sirven para modificar o incrementar las propiedades de los plásticos, así como para protegerlos de factores externos como la luz solar, el fuego o los microorganismos.

Con estos aditivos se obtienen plásticos con mejores propiedades ópticas, físicas o mecánicas, así como apariencia.

Dentro de este grupo se encuentran:

- 1.- Plástificantes
  - 2.- Modificadores de Impacto
  - 3.- Retardantes a la Flama
  - 4.- Supresores de Humo
  - 5.- Agentes Antibloqueo
  - 6.- Agentes Antiestáticos
  - 7.- Absorbedores de Luz Ultravioleta (U.V.)
  - 8.- Fungicidas o Biocidas
-

- 9.- Agentes Espumantes
10. Activadores (kickers)
- 11.- Agentes de Entrecruzamiento
12. Aromatizantes y Desodorantes
13. Agentes Nucleantes
14. Deactivadores de metales
15. Abrillantadores Ópticos
16. Pigmentos y Colorantes
17. Cargas y Refuerzos

1.- Plastificantes:

Son solventes orgánicos de moderado a alto peso molecular, en estado líquido no volátil o sólido de bajo punto de fusión y de apariencia aceitosa.

Existen plastificantes que están aprobados por la FDA y pueden ser utilizados en productos que estén en contacto con alimentos.

Existen también Plastificantes Monoméricos, que son sustancias de Peso Molecular menor a 500 uma (unidades de masa atómica). Están formados por alcoholes monohidroxílicos y ácidos o anhídridos del tipo ftálico, adípico y cítrico, entre otros; y Plastificantes poliméricos, que son sustancias de Peso Molecular mayor a 500 umas hasta 2,000. Están formados por propilén butilén glicol y ácido adípico, sebásico y azelaico, entre otros.

Los Plastificantes se clasifican en:

- Ftalatos Primarios
  - Ésteres Fosfóricos
  - Ésteres de ácidos
  - Ácidos alifáticos dibásicos
  - Epoxidados Secundarios
-

- Trimelítatos
- Parafinas Cloradas
- Aceites Epoxidados

#### Plastificantes Primarios:

Presentan la facultad de poder solvatar o mezclarse con las moléculas del plástico, siendo totalmente compatibles, aún en el envejecimiento.

**Tabla 12 Características de los Plastificantes Primarios**

TIPO	VENTAJA	DESVENTAJA	EJEMPLO
Ftalato de Longitud Corta	Alto Poder de solvatación, buena compatibilidad con los plastificantes secundarios y extenderes	Alta volatilidad, propiedades a pobres temperaturas	Dimetil Ftalato (DMP) Dibutil Ftalato (DBP)
Ftalato de Longitud Media	Buen poder de solvatación, buenas propiedades a baja temperatura, reduce la Tg del polímero, proporciona buenas propiedades dieléctricas	Regular Nivel de volatilidad	Di-2etil Hexil Ftalato (DOP)
Ftalato de Longitud Larga	Bajo nivel de volatilidad, elevado poder de solvatación	Baja eficiencia de plastificación y poder de solvatación	Di-isodecil Ftalato (DIDP)
Fosfatos	Resistencia a la flama, buen poder de solvatación y compatibilidad	Reducen la flexibilidad a baja temperatura y baja estabilidad	Tricresil fosfato (TCP) Trixil Fosfato (TXP)

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999-2001.

#### Plastificantes Secundarios:

Presentan características limitadas de solubilidad y compatibilidad, por lo que no pueden ser utilizados como plastificantes únicos en formulación.

Tabla 13 Características de los Plastificantes Secundarios

TIPO	VENTAJA	DESVENTAJA	EJEMPLO
Adipatos	Flexibilidad a baja temperatura	Alto costo y alta volatilidad	Di-2etil hexil Adipato
Sebacatos	Poca volatilidad, flexibilidad a baja temperatura, resistencia a jabones, detergentes y a la luz U.V.	Alto costo y su inadecuada compatibilidad	Di-iso-octil Sebacato (DIOS)
Azelatos	Flexibilidad a baja Temperatura	Mala compatibilidad y volatilidad	Di-octil Azelato (DOZ)
Trimelilatos	Baja volatilidad, buena flexibilidad, resistencia a la extracción, baja viscosidad	Alto costo	Triocil-Trimetilato (TOTM)
Poliésteres	Presentan baja volatilidad, difíciles de extraer y no migran	Alto costo	Polipropilén Adipato (PPA)

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

#### Extenders o Extendedores del Plastificante:

Presentan propiedades de gelación menores y son apropiados para ser empleados en cantidades limitadas, por el riesgo a reducir propiedades de los Plastificantes Primarios, presentando problemas de migración que afectan directamente la calidad del producto fabricado en propiedades mecánicas, vida útil y apariencia. Son utilizados para reducir costos y "extender" el plastificante.

Otra clasificación basada en la estructura química de los Plastificantes es:

- Ftalatos
- Dimetil Ftalato
- Dibutil Ftalato
- Dioctil Ftalato
- Disodecil Ftalato

#### 2.- Modificadores de Impacto

Cuando los productos de plástico se someten a impacto o golpe, éste atraviesa la matriz de la pieza en forma de vibraciones; algunos plásticos la absorben, otros no tienen esa capacidad, provocando su ruptura.

Los modificadores de Impacto, son compuestos químicos que absorben y desvían la vibración hasta reducirla evitando la fractura, estos deben formar dos fases con el polímero rígido, esto significa que sean

semicompatibles, para crear una buena dispersión, pero sin producir un compuesto de una sola fase que tenga un comportamiento similar al de un plastificante.

Para elegir el modificador adecuado, deben tomarse en cuenta los cambios que originen en la viscosidad, estabilidad térmica, transparencia, resistencia química, apariencia y color del producto.

**Tabla 14 Propiedades de los Modificadores de Impacto más importantes**

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	% A UTILIZAR
Copolímero de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	Fácil procesamiento, mejora la resistencia química y buen absorbedor del impacto	Baja resistencia a la intemperie	Varían de 3 a 7%
Copolímero de Metil Metacrilato Butadieno Estireno (MMBS)	Elevada transparencia	Moderada resistencia al impacto	Rango de 6 a 12%
Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA)	Buena estabilidad a la luz y calor, fácil procesamiento, mayor resistencia química y alta resistencia a la intemperie	Al peso molecular del copolímero, al aumentar la cantidad de acetato, incrementa la propiedad de impacto, pero disminuye la dureza y la temperatura a la flexión	Rango de 5 a 10%
Poliacrilatos (PAE)	Excelente estabilidad a la intemperie, buena fluidez con lo que aumenta la velocidad de producción, dureza y temperatura de deflexión del material.		Rango de 4 a 8%
Poliétileno Clorado (CPE)	Buena resistencia al impacto y disminuye las temperaturas de procesamiento.	Debido a la presencia de cloro, presenta elevada sensibilidad al calor, causando su degradación.	Rango de 6 a 10%
Copolímero de Etileno Propileno o Dieno (EPDM)	Elevada resistencia a la intemperie a temperaturas que van desde -50°C a 195°C, buena resistencia química y propiedades de aislamiento eléctrico.	Disminuyen la dureza, aumentando la flexibilidad del producto	Rango del 5 al 15%
Hule Butadieno	Buena resistencia al impacto a bajas temperaturas de -40°C	Es opaco	Rango de 4 a 25%

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 \* 2001.

### 3.- Retardantes a la Flama

Inhiben las características de flamabilidad de todos los plásticos, se utilizan del 5 al 20%.

**Tabla 15 Propiedades de aditivos Retardantes al Fuego más utilizados**

GRUPO QUIMICO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	% A UTILIZAR	EJEMPLOS
Compuestos Bromados	Mayor poder de retardancia a la flama	Baja estabilidad a la luz U.V. Pueden provocar manchas en la superficie del producto	3 a 15%	Tetrabromo de bisfenol A Hexabromo de ciclohexano Octabromo de difenilo
Parafinas Cloradas	Bajo precio comercial Imparten propiedades de flexibilidad al producto	Limitada estabilidad térmica soportando máximo 200°C	15 a 20%	Hexacloro pentadieno
Fosfatos	Aceptable retardancia a la flama	Imparten plastificación al producto y pueden presentar problemas de migración	5 a 20%	Tricresil fosfato (TCP) Trixilfosfato (TXP) Tributil fosfato (TBP)
Compuestos de Antimonio	Buena retardancia a la flama	Tiene características sinérgicas de retardancia a la flama	3 a 8%	Trióxido de Antimonio (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Alúmina Trihidratada	Bajo precio y que no libera gases tóxicos	Requiere de altas concentraciones para conseguir el efecto de retardancia ala flama	20 a 30%	—

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 y 2001.

#### 4.- Supresores de Humo

Estos aditivos son compuestos que actúan durante la combustión de un polímero evitando la formación de humo. Este humo se desprende en cantidades diferentes dependiendo de la superficie de ignición, la disponibilidad de oxígeno, así como de la estructura química y propiedades del material.

Se clasifican en:

- Físicos:

Trabajan por medio de recubrimientos o por la adición de cargas inertes al material.

- Químicos:

Son la forma más común de aplicar los Supresores de humo, producen la oxidación de compuestos aromáticos y con ello gran generación de agentes secuestrantes que capturan el hollín generado provocando su precipitación.

Algunos ejemplos son el trióxido de Molibdeno, el Carbonato de Calcio, Hidróxido de Aluminio, Hidróxido de magnesio y otros.

#### 5.- Agentes Antibloqueo

Evitan que las películas, principalmente de PVC y Poliolefinas, se adhieran unas con otras, debido a la generación de cargas electrostáticas. Se pueden aplicar interna o externamente al plástico, existen ceras, sales metálicas de ácidos grasos, sílicas y algún plástico.

El efecto de bloqueo se presenta cuando el polímero presenta pequeñas cantidades de material de bajo peso molecular el cual sale cuando el polímero inicia su solidificación y que en el momento que el producto es presionado o apilado provocan cierto grado de adhesión.

De acuerdo al tipo de aditivo que se utilice, el efecto que provocan los aditivos antibloqueo se clasifican en:

##### Antibloqueo Orgánico:

El aditivo migra a la superficie y generan pequeñas secciones o una capa continua de material que causa interferencia y de esta forma elimina el bloqueo. Como aditivos antibloqueo orgánicos se tienen a las amidas, estearatos orgánicos y metálicos, silicón y almidón.

##### Antibloqueo Inorgánico:

Como son partículas que no se funden durante el procesamiento generan pequeñas rugosidades las cuales minimizan el área superficial que está en contacto y de esta forma disminuyen la adherencia de las películas. Como ejemplos: Se tiene a la tierra de Diatomeas, el talco y el carbonato de calcio.

#### 6.- Agentes Antiestáticos:

Como materiales aislantes, los plásticos son receptores de cargas electrostáticas y pueden mantenerlas a menos que se modifiquen para disiparlas.

La presencia de cargas electrostáticas crea problemas de atracción de polvo en la superficie, interferencias en el procesamiento, adhesión estática entre películas, dificultades para desmolde y chispas eléctricas.

Para determinar en que forma se carga cada tipo de material y en que cantidad existen factores como son:

Nivel de Contacto de las Películas, es decir, el área superficial que está expuesta y que es afectada por la carga estática.

---

Velocidad de separación de las películas, cuando se trabajan en líneas de empaque o impresión de elevada velocidad es más factible la generación de cargas estáticas.

Fricción, cuando en las líneas de producción existen puntos de fricción es mayor el riesgo de generación de cargas estáticas, es por ello que una forma de evitar generación estática y por lo tanto colocar aditivo en exceso con agentes antiestáticos es realizar un examen minucioso de toda la línea de producción y evitar en la medida de lo posible puntos de fricción.

Existen dos tipos de antiestáticos:

- Internos
- Externos

**Antiestáticos Internos:**

Son aditivos que al mezclarlos con el plástico presentan una limitada compatibilidad y, por ello, migran a la superficie en donde sus grupos hidrofílicos atraen la humedad del ambiente originando la disipación de la carga.

Los antiestáticos internos, migran a la superficie a una velocidad controlada, suficiente para proporcionar un adecuado desempeño antiestático, sin intervenir con la apariencia superficial, transparencia, procesamiento, reología, estabilidad térmica y propiedades físicas del material. En La siguiente tabla (**Tabla 16**) se puede observar el porcentaje de uso de los antiestáticos internos.

**Tabla 16 Agentes Antiestáticos Internos**

ANTIESTATICO	% A UTILIZAR
Sales Cuaternarias de Antimonio, Fósforo y Azufre	0.05 a 0.1
Sales cuaternarias de Antimonio, Fósforo y Azufre	0.2 a 0.3
Aminas Etoxiladas	0.5
Alquisulfonatos de Sodio	2.0 a 4.0
Carboxilatos	1.5 a 2.5

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 - 2001.

**Antiestáticos Externos:**

Estos son temporales, ya que con el tiempo se pierden y deben aplicarse nuevamente.

Los más comunes son las soluciones alcohólicas y jabonosas, los polioles y poliglicoles.

La generación de carga estática es causa de problemas en la industria como se observa en la siguiente tabla (Tabla 17).

**Tabla 17 Problemática de Cargas Estáticas**

CARGA ESTÁTICA KV	PROBLEMAS
13	Transporte de Películas en Proceso
8	Máquina envasadora
6	Manejo de Películas Estacionarias
4	Riesgo de explosión en ambientes flamables
3.5	Sensibilidad Humana
3	Atracción de Polvo
0.5	Peligro para circuitos integrados

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

Los aditivos antiestáticos cuando se integran a algún producto plástico, presentan un tiempo de vida útil debido a que afloran a la superficie y por fricción o temperatura pueden llegar a perderse disminuyendo su poder antiestático (Ver tabla 18).

**Tabla 18 Aplicación de Agentes Antiestáticos**

AGENTE ANTIESTÁTICO	APLICACIÓN
Amina Etoxilada	Expuesto a humedad relativa
Lauril Dietanol Amida	Empaque electrónico, problemas de procesamiento
Amina Etoxilada de Cebo	Sólo para evitar atracción de polvo

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

**7.- Estabilizadores a la Luz Ultravioleta (U.V.)**

La protección de los plásticos a la degradación por efecto de la energía ultravioleta, es muy importante en algunos mercados, como es el caso de los productos que estarán expuestos a la intemperie, a la luz solar y a luz ligeramente filtrada. Este tipo de degradación, se genera porque un grupo químico de la molécula, absorbe la luz ultravioleta (U.V.).

Tabla 19 Causas de Degradación en Plásticos

CAUSAS
Existe un doble enlace en la estructura
El polímero está contaminado por residuos de iniciador o monómero u otros contaminantes
Formación de grupos carbonilos durante el procesamiento

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 y 2001.

#### Degeneración:

La degradación ocurre cuando la energía de la luz ultravioleta (U.V.) rompe la cadena molecular, formando radicales libres que reaccionan con el oxígeno atmosférico para crear un compuesto peroxi, éste compuesto peroxi, ataca otro punto para genera un hidroperóxido (ROOH), el hidroperóxido (ROOH) insaturado, también puede formar radicales libres y acelerar la reacción, rompiendo la cadena del polímero provocando una reacción en cadena.

Los aditivos interrumpen la secuencia de reacción, protegiendo de los rayos U.V. al polímero, ya sea absorbiendo ésta o reprimiendo el estado excitado de la molécula o por inhibición del proceso de propagación. Para seleccionar el tipo de estabilizador a la luz U.V. se deben tomar en cuenta algunos factores como:

- Espectros de absorción del polímero
- Efecto del estabilizador sobre el color
- Vida útil del producto
- La toxicidad, también se considera porque los estabilizadores U.V. orgánicos, tienden a migrar a la superficie.

#### Clasificación de acuerdo a su función

- 1.- Protectores
- 2.- Absorbedores
- 3.- Inhibidores
- 4.- Desintegradores de peróxidos

Para minimizar la degradación por los rayos U.V. se utilizan estabilizadores contra U.V. que bien pueden ser pigmentos entre otros, (**Ver tabla 20**).

Tabla 20 Propiedades de Estabilizadores de Rayos U.V.

ESTABILIZADOR DE RAYOS U.V.	PROPIEDADES	% A UTILIZAR	EJEMPLOS
Protectores	Pigmentos que cubren a un polímero, absorben o reflejan la luz U.V.	1 a 2%	Negro de humo, dióxido de titanio
Absorbedores de rayos U.V.	Inhiben el inicio del proceso de degradación Absorben la energía U.V., y la convierten en energía infrarroja no destructiva, la cual se disipa como calor.	Según producto	Ésteres de acrílico, ésteres de aril, benzofenonas, benzotriazoles, formamida
Inhibidores (Quencheres)	Son compuestos orgánicos que inhiben el estado excitado de las moléculas debido a la absorción de luz U.V. Actúan como retardantes de la secuencia de reacción.	Según producto	Sales de níquel de tiocarbonato y complejos de fenol fosfatos atiquilados con níquel.
Desintegradores	Operan después de que se generó la reacción. Actúan en los grupos ROOH altamente inestables, antes de que la luz o el calor los descomponga en radicales libres, reduciéndolos a productos inofensivos	Según producto	Compuestos orgánicos de níquel

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 '200

## 8.- Fungicidas o Biocidas

Estos evitan el crecimiento de microorganismos que producen puntos negros o manchas rosas en la superficie de piezas de plástico, originando fracturas y fallas eventuales (Ver tabla 21).

Se utilizan en productos que estarán expuestos al sol y agua, como: recubrimiento de alambre y cable, revestimiento de albercas, tapices y en cubiertas de barcos.

Tabla 21 Características a cumplir de los fungicidas

CARACTERÍSTICAS
• Amplio espectro microbiano
• Uso en bajas concentraciones
• Compatibilidad con otros aditivos
• Sin desarrollo de efectos secundarios
• Estabilidad térmica
• No volátil
• Fácil aplicación
• Larga aplicación
• Registro internacional

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 '2001.

### 9.- Agentes Espumantes:

Son compuestos químicos que al encontrarse a elevadas temperaturas se descomponen en gases, se utilizan para generar espacios en el material, reducir peso y costo del producto final, incrementan resistencia mecánica, aislamiento acústico y térmico; de esta forma, se pueden obtener productos con otra apariencia y propiedades. Durante el procesamiento del polímero para crear una estructura celular.

Se debe tomar en cuenta el tipo de agente espumante, la facilidad de dispersión del gas, la temperatura y presión de procesamiento, así como la viscosidad de la masa fundida.

**Tabla 22 Propiedades de los Agentes Espumantes**

CLASIFICACION	PROPIEDADES	% A UTILIZAR	EJEMPLOS
Físicos	Formado por gases que se pueden comprimir y líquidos volátiles.	—	Gases Comprimidos: Nitrógeno, aire dióxido de carbono y gas natural. Líquidos volátiles: Hidrocarburos alifáticos fluorados, los clorofluorocarbonos (CFC) y los clorofluorometanos.
Químicos	Compuestos sólidos que se descomponen a temperaturas de procesamiento del polímero y generan gas. Son orgánicos e inorgánicos.	El 0.1% de espumante, elimina los rechupes de piezas inyectadas. De 0.2 a 0.8% se producen piezas por inyección con espuma estructural. De 1 a 15% para piezas moldeadas por compresión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Compuestos Azo: Azodicarbonamida</li> <li>* Derivados de Hidracina: Trihidracinotriacina</li> <li>* Semicarbazidas: p-toluen Sulfonilo Semicarbazida (TSSC)</li> <li>* Tetrazoles: 5-feniltetrazol</li> <li>* Inorgánicos: Bicarbonato de Sodio</li> </ul>

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

### 10.- Activadores (kickers):

Los activadores o kickers son aditivos que se agregan a los plásticos que serán espumados, ya que éstos disminuyen la temperatura de descomposición de los espumantes orgánicos, acelerando el proceso de producción.

Los activadores están formados por sales de Sodio/Zinc y Cadmio/Zinc.

### 11.- Agentes de Entrecruzamiento:

Unen las moléculas de los polímeros y forman redes para incrementar propiedades mecánicas y químicas.

---

El proceso de entrecruzamiento convierte esencialmente el termoplástico en un material con mejores propiedades mecánicas. Se pueden activar exponiendo el material a radiación o acondicionando agentes de entrecruzamiento a la mezcla. Los más utilizados son los peróxidos orgánicos.

Mejoran la resistencia a la tensión y la resistencia química del polímero. Para seleccionar el peróxido de entrecruzamiento adecuado, se debe de tomar en cuenta su estabilidad al calor y baja volatilidad.

Los agentes más utilizados son el diisopropil benceno y el bis (ter-butilperoxi).

#### 12.- Aromatizantes y desodorantes:

Los aromatizantes, son compuestos que imparten fragancia a los plásticos, como de madera, esencias frutales, florales y vegetales.

Estas fragancias disimulan los olores que se originan dentro de las bolsas de basura o de envases, ayudan a mejorar la apariencia o a incrementar la esencia de un producto.

Algunos aromatizantes se venden en forma líquida, disueltos en aceites y se mezclan directamente con el plástico. Otros aromatizantes se presentan en forma de masterbatch, los cuales son más fáciles de integrar, con la limitante de que sólo se emplean en el polímero semejante al vehículo del masterbatch.

Los desodorantes previenen que se generen malos olores, previenen la reacción de microorganismos con la materia orgánica, lo cual produce olores. Los principales microorganismos que inician el ataque, son las bacterias y los hongos.

El ambiente propicio para que se generen es con calor y humedad. Los agentes antimicrobianos más utilizados como desodorantes son los organometálicos que se aplican para bolsas de PVC y Polietileno.

#### 13.- Agentes Nucleantes:

Son compuestos que generan un mayor número de núcleos, se utilizan en plásticos que poseen una velocidad de crecimiento de cristales media.

---

La velocidad de cristalización está determinada por la densidad de los núcleos presentes en la molécula.

Algunas características que presentan los agentes nucleantes se aprecian en la **Tabla 23**:

**Tabla 23 Características de los Agentes Nucleantes**

CARACTERÍSTICAS
Pueden ser absorbidos por el polímero
Son insolubles en el plástico
Poseen un punto de fusión más alto que el material
Dispersabilidad homogénea en el polímero

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

Existen tres tipos de Agentes Nucleantes: inorgánicos, orgánicos y poliméricos los cuales tienen diferentes características además de usarse en distintos porcentajes (**Tabla 24**).

**Tabla 24 Propiedades de los Agentes Nucleantes**

AGENTE	DESCRIPCIÓN	% A UTILIZAR	EJEMPLOS
Inorgánico	Formados por talco, sílica y caolín	0.5%	Caolín, Mica, Talco
Orgánico	Son sales de ácidos mono o policarboxílicos y algunos pigmentos	0.1%	Bisulfuro de Molibdeno, bióxido de titanio
Polimérico	Son copolímeros de etilén acrílico éster	1.0%	Estearato de Potasio

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 ' 2001.

#### 14.- Desactivador de Metales:

Son sustancias que neutralizan la descomposición de los plásticos causada por la presencia de metales.

Su principal aplicación se recomienda para el recubrimiento de cable y alambre de Polietileno, así como todas las aplicaciones que tienen insertos metálicos.

Algunos desactivadores metálicos que se utilizan para los plásticos son amidas de ácidos carboxílicos, hidrazonas de carbonilo, hidracinas aciladas, aminotriazoles y ésteres del ácido fosforoso.

Se utilizan cuando el producto contiene cargas y éstas al presentar la posibilidad de la presencia de partículas metálicas, pueden ser causa de cierta actividad de degradación o inestabilidad en el polímero.

#### 15.- Agentes de Acoplamiento:

Estos aditivos modifican la región interfacial entre la carga o fibra (inorgánica), y generan un enlace más fuerte entre los dos compuestos, con el objetivo de formar una aleación de materiales incompatibles y obtener las propiedades que se requieren, además de controlar la reología de los compuestos cargados y sin cargas (**Ver tabla 25**).

**Tabla 25 Propiedades de Agentes de Acoplamiento**

AGENTE	PROPIEDADES	EJEMPLOS
Titanatos	Derivados del titanio. Mejoran la resistencia al impacto Se pueden combinar con elevadas cantidades de cargas. Reducen considerablemente la viscosidad de la masa fundida Incrementan la resistencia química, térmica y eléctrica. Previenen la separación de fases e inhiben la corrosión.	Mono-alcoxi Quelato Coordinado Neo alcoxi
Zirconatos	No producen color en los cuerpos Permiten cierta conductividad debida a la tetravalencia central de los metales.	Éster de Titanio
Silanos	Ayudan a mantener las propiedades del material a la intemperie. Disminuyen la viscosidad Incrementos del rendimiento	Silanos dialcoxi

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 \* 2001.

#### 15.- Abrillantadores Ópticos:

Son sustancias orgánicas incoloras que en un medio acuoso generan fluorescencia azul, impartiendo una intensa acción abrillantadora.

En aplicaciones pigmentadas en blanco, es posible obtener tonalidades brillantes, explotando así los fenómenos ópticos de limpieza y brillo.



## 16.- Pigmentos y Colorantes:

### Pigmentos:

Los pigmentos se emplean en la coloración de polímeros por medios mecánicos. Es un polvo de origen orgánico o inorgánico, con tamaño de partícula de 0.01 a 1  $\mu\text{m}$ , insoluble en el medio de aplicación y que tiene como función la de conferir color.

El color, es la impresión que hace en la retina del ojo, la luz reflejada por lo cuerpos. El "Color Index" clasifica a los pigmentos y colorante por su color y un número.

### Colorantes:

Se utilizan en artículos de coloración en baño o por solubilidad en el polímero, por ejemplo, fibras textiles naturales y sintéticas.

Es un polvo de origen orgánico, soluble totalmente en el medio de aplicación y que confiere color a la sustancia. En algunas ocasiones, también se le conoce como tinte.

Son utilizados en la industria de recubrimientos y en impresión donde se requiere elevada transparencia, recientemente debido a los avances en tecnología, también son utilizados en acabados automotrices (**Ver Tabla 26 y 27**).

Tabla 26 Propiedades de Pigmentos y Colorantes.

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Fuerza Colorante	El incremento se logra con la disminución del tamaño de las partículas pigmentarias, Con dimensiones entre 0.01 y 0.1 micras, se alcanza la máxima fuerza colorante, pero debajo de este límite, no se contribuye a un aumento significativo de la propiedad.
Poder Cubriente	Propiedad vinculada con la fuerza colorante, variando de acuerdo al tamaño de la partícula. Por debajo del límite de 0.025 micras se pierde opacidad al tiempo de obtener transparencia, se comporta de manera inversa a la cantidad de pigmento o colorante empleado para obtener un color o tono deseado, de modo que se requiere una cantidad pequeña de un pigmento con poder cubriente alto para alcanzar las características deseadas.
Efecto Óptico	El color que aportan los pigmentos y colorantes, se define por la absorción y refracción de luz que presentan sus partículas; por lo tanto, la luz puede causar diferentes efectos en el color resultante del pigmento como el Metamerismo, que se refiere al cambio de color o tono que puede presentar un artículo al exponerse a diferentes fuentes de luz, y la Anisotropía, que son los cambios de color que puede presentar un producto por efecto de la orientación de sus partículas, es decir, es una película donde se puede observar un tono en dirección de la máquina y otro en dirección transversal.
Matiz	La variación del matiz, es función del aumento en la finura de las partículas del pigmento en la dirección por ejemplo, si las partículas son gruesas da +rojo, la desviación del matiz es amarillo y en partículas rojas es + verde.
Dispersión	Método empleado para dar color, se diferencia de la solubilidad, característica por la que los colorantes transmiten color en el medio solvente. El nivel de dispersión de un pigmento determina el éxito de su empleo en el medio a colorear.
Estabilidad Térmica	Depende de la composición química del pigmento, tiempo de exposición al calor, dosis utilizada o concentración, tipo de resina y pigmento, condiciones de exposición y compatibilidad entre las partes.
Estabilidad Química	Esta propiedad se pone a prueba durante la transformación del plástico, donde se presenta una fase de contacto muy energética.
Estabilidad a la luz e intemperie	Los rayos U.V., de la radiación solar son los principales causantes de la degradación de colorantes, pigmentos y del mismo plástico. En un pigmento depende de su estructura química, así como del sistema pigmento-polímero.
Migración	Se presenta principalmente en colorantes y diversos pigmentos orgánicos. No se produce en polímeros cuya temperatura de transición vítrea está por encima de la ambiente como el Poliestireno, Acrílico y Poliéster. Es posible su pigmentación con colorantes solubles.
Brillo	Los pigmentos y colorantes, al ser aplicados en el plástico, proporcionan a la pieza cierto brillo, que en algunas aplicaciones es una propiedad muy importante, en otras ocasiones se busca obtener colores con acabados mate, siendo en este caso una característica no deseable.

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 \* 2001.

Tabla 27 Clasificación de los Pigmentos

PIGMENTO	PROPIEDADES
Orgánico	Presentan en su estructura una o más moléculas de benceno. Poseen buena transparencia y fuerza colorante, matices puros y muy vivos. La estabilidad a la luz, migración y temperatura dependen de su constitución química y de la concentración empleada.
Inorgánico	Presentan alto rendimiento, estabilidad química, térmica y a la luz.

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999 \* 2001.

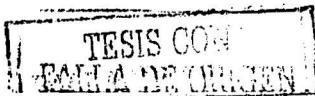


Tabla 28 Propiedades de los Pigmentos

PROPIEDADES	PIGMENTOS INORGANICOS	PIGMENTOS ORGANICOS	
		CLASICOS	ALTO DESEMPEÑO
Opacidad	Elevada	Mas o Menos	Transparentes
Fuerza Colorante	Débil	Varias veces superior	a los inorgánicos
Resistencia al Calor	En muchos casos > 500°C	165°C a 200°C	200 a 300°C
Resistencia a la Migración	Excelente	Media a Buena	Buena a Excelente
Estabilidad a la Luz	6 a 8 de la Escala Azul	2 a 6	6 a 8
Resistencia a la Intemperie	Generalmente insuficiente	Insuficiente según dosis	Excelente
Dispersión	Buena	Media	Buena a Difícil

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999' 2001.

Tabla 29 Pigmentos Orgánicos e Inorgánicos

COLOR	PIG. INORGANICOS	PIG. ORGANICOS
Blanco	Bióxido de titanio	
Amarillo	Amarillo de: Cromo, Mercurio Oxido de Hierro	Amarillo de: Toluidina, Bencidina Diazo de condensación Tetracloro iso-indolina Pirazolona
Naranja	Naranja de: Cromo, Cadmio, Mercurio	Naranja de: Di-nitro-anilina, Bencidina, dianilida
Verde	Verde de Cromo Hidratado Oxido de Cromo	Verde de Ftalocianina
Rojo	Rojo de: Cadmio, Mercurio Oxido de Hierro	Rojo de: Toluidina, Mono-azo lacados, Quinacridona.
Azul	Azul de: Hierro, Cobalto, Ultramar, Manganeso	Azul de Ftalocianina
Negro	Oxido de Hierro, Complejo de Cromo	Negro de Humo
Metálicos	Aluminio, Bronce	
Violeta	Ultramarino, Manganeso	Violeta de: Dioxacina, Quinacridona
Marrón	Sulfuro de Mercurio, Cadmio	Quinacridona, Tio-indigo

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999' 2001.

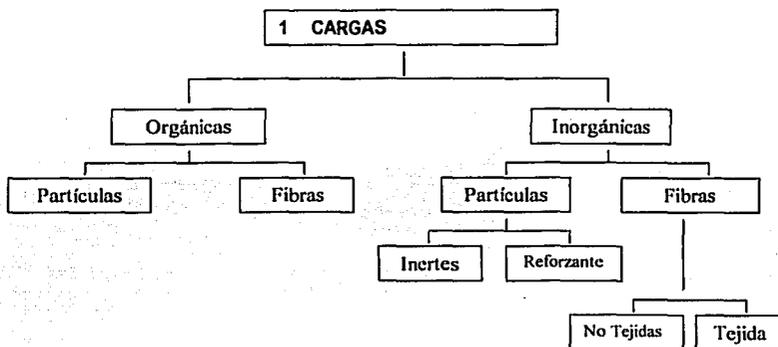
## 17.- Cargas y Refuerzos:

El término "Carga" se utiliza generalmente para aditivos sólidos que se incorporan a los polímeros para modificar sus propiedades mecánicas aumentando su volumen y aunque su propósito original era bajar costos, actualmente son muy importantes en la modificación de propiedades.

De 1960 a 1970, se encontró que las cargas incrementan propiedades mecánicas de los plásticos y reducen costos. A partir de ese momento, han surgido una gran variedad de estos aditivos, originando su crecimiento y desarrollo en la industria del Plástico.

## Clasificación:

Existe una gran variedad de cargas las cuales en la Industria del Plástico pueden clasificarse de acuerdo a lo siguiente:



## Clasificación de Cargas:

## 1.- Cargas Orgánicas:

Su característica principal es su baja densidad y costo, proporcionando buena procesabilidad, control de viscosidad y facilidad de moldeo. Se utilizan principalmente en Termofijos y sólo en algunos Termoplásticos.

Tabla 30 Características de las Cargas Orgánicas

Beneficios	Temperatura Soportada	Usos	Ejemplos
Ayudan a reducir la contracción y deformación de piezas moldeadas, proporcionando estabilidad dimensional. Son higroscópicas, es decir, absorben humedad del medio ambiente, en rangos del 2 al 10% dependiendo del tipo de carga.	193 a 204°C	Para Plásticos que requieren moderada resistencia térmica.	Harina de madera Cáscara de nuez Almidón Cáscara de arroz

Fuente: Propia

**2.- Cargas Inorgánicas:**

Incrementan la resistencia a la tensión, compresión y resistencia química, reducen la expansión térmica y la contracción de moldeo; sin embargo, por la estructura de su partícula algunas originan abrasión a la maquinaria.

- Disminuyen elongación
- Aumentan densidad
- Mejoran resistencia dieléctrica
- Proporcionan opacidad

Se dividen en dos tipos:

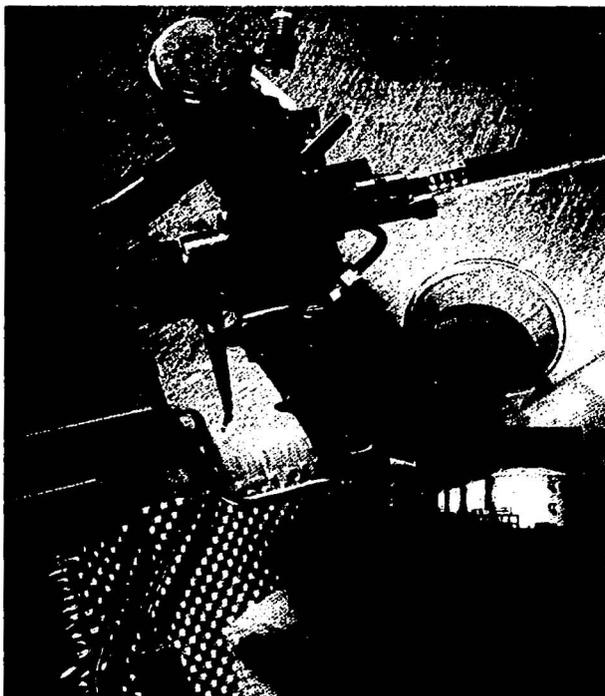
- \* Inértés
- \* Reforzantes

**Tabla 31 Clasificación de las Cargas Inorgánicas**

Tipo de Carga	Propiedades	Ejemplos
Cargas Tipo Partículas Inertes	Incrementa módulos y dureza Puede impartir una base blanca de coloración Mejora el aislamiento eléctrico  Reduce pegajosidad	Carbonato de calcio Talco Sulfato de Bario Alúmina Trihidratada Esferas de vidrio
Cargas Tipo Partículas Reforzantes	Incrementa la resistencia a la tensión	Negro de Carbón Óxido de Zinc Silicato de Calcio

Fuente: Enciclopedia del Plástico, Tomo 3, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999' 2001.

# PROCESOS



72-152

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 4 PROCESOS

### 4.1 CLASIFICACIÓN

En cuanto a los procesos y su clasificación, existe una amplia variedad, desde procesos completamente manuales hasta operaciones controladas por computadora.

Para fines prácticos son clasificados como se muestra en la siguiente figura:

- 01- Procesos de contacto a molde abierto
- 02- Procesos de prensado (puede ser en frío o aplicándoles temperatura)
- 03- Procesos de inyección
- 04- Procesos continuos
- 05- Procesos de transferencia



Dentro de los procesos de contacto se encuentran el modelo manual y por aspersión, estos dos procesos representan más del 60% de los usados en México.

Sus características principales son:

- Ideales para volúmenes de producción reducidos o medios.
- Acabado únicamente por un sólo lado.
- Buen acabado.
- En términos generales no hay limitación del tamaño de la pieza.
- Buenas propiedades mecánicas.

En los procesos de prensado se encuentran los sistemas en húmedo y por compresión de hojas termoplásticas.

Sus características principales:

- Excelente para altos volúmenes de fabricación.
- Acabados por ambas caras.
- Piezas de varios tamaños y formas.

También existen métodos de inyección tanto de termoplásticos como de termofijos los cuales, entre sus principales características están:

Ideal para altos volúmenes de fabricación.  
Moldeo a baja presión.

Como resultado de una combinación entre los procesos de inyección y de compresión está el moldeo de transferencia de resina conocido como RTM. Puede moldearse tanto termoplásticos como termofijos. Es el proceso que se considera como el de transición entre métodos de contacto a molde abierto y los de molde cerrado son:

- Ideales para volúmenes medios de producción.
  - Dentro de los procesos cerrados es el que requiere menor inversión y da acabados por ambas caras.
-

Por último se mencionan los procesos de elaboración de piezas continuas. Los más importantes son:

- Pultrusión.
- Filamento continuo.
- Centrifugación
- Laminación continua.

Cada uno de ellos se utiliza para piezas específicas, el primero para perfiles de cualquier forma, el filamento continuo para piezas cilíndricas huecas como tuberías y tanques y el último es principalmente utilizado para láminas de diversas formas.

Tabla 32 Procesos más comunes

Proceso	Aplicación	Ventajas	Limitaciones
<b>Contacto a molde abierto</b>	Ideal para volúmenes de producción reducidos o medios.	Buen acabado. No hay limitación del tamaño de la pieza. Buenas propiedades mecánicas. Flexibilidad de diseño.	Acabado únicamente por una sola cara. Depende al 100% del esfuerzo del hombre. Costo alto de mano de obra.
<b>Prensado en frío o con aplicación de temperatura</b>	Excelente para altos volúmenes de fabricación.	Acabado ambas caras. Piezas de varios tamaños y formas.	En piezas muy grandes el costo del molde.
<b>De inyección</b>	Ideal para altos volúmenes de fabricación.	Moldeo a baja presión.	
<b>Continuos</b>	Para perfiles de cualquier forma. Piezas cilíndricas como tuberías y tanques. Para láminas.	Buen acabado. Abarata el producto.	En la longitud de la pieza.
<b>De transferencia</b>	Ideales para volúmenes medios de producción.	El proceso cerrado es el que requiere menor inversión. Acabado ambas caras.	

Fuente: Propia

Únicamente se han mencionado los principales procesos y algunas de sus características. Cabe mencionar que existen ventajas y limitaciones específicas de cada uno de ellos, por tanto es necesario conocer más a

---

detalle el proceso adecuado, saber qué resinas y qué refuerzos usar para así aprovechar las características de los P.R.F.V. Resinas.

## 4.2 PROCESOS DE MOLDE ABIERTO

### 4.2.1 SISTEMA DE MOLDEO MANUAL

El moldeo o laminación que se hace en un molde abierto, es muy empleado por la industria de los plásticos reforzados para producir una gran variedad de piezas, especialmente, estructuras de grandes dimensiones y que exigen elevadas propiedades mecánicas. Es uno de los procesos más antiguos y sencillos utilizados por la industria del P.R.F.V. Resinas.

La resina líquida, generalmente poliéster insaturado, se combina con la F. de V. en el molde. Una reacción química iniciada en la resina por agentes especiales de curado (catalizadores y aceleradores) provoca su endurecimiento y da origen a una parte moldeada ligera y resistente, en la cual la resina desempeña la función de sustrato y la F. de V. sirve como refuerzo.

El proceso es equivalente a la combinación de concreto con varillas de acero como refuerzo.

Si se desea un buen acabado para la pieza, la superficie del molde debe ser cubierta con gel coat pigmentado aplicado con pistola o con brocha.

La fibra de refuerzo, en conjunto con la resina es aplicada posteriormente sobre el gel coat. El rolado de fibra así como la eliminación de burbujas de aire se hace con una brocha o con rodillos.

#### 4.2.1.1 APLICACIONES

Se aplica principalmente en barcos, partes automotrices, ductos, albercas, laminas lisas o acanaladas, tanques, muebles, etc.

#### 4.2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se aplican varias capas de refuerzo y resina hasta lograr el espesor final del laminado. La resina debe ser adecuadamente acelerada y catalizada para el curado a la temperatura ambiente.

Las estructuras moldeadas por el proceso de moldeo manual son colocadas, en algunos casos, en estufas para reducir el ciclo de curado.

Algunas veces puede ser necesario o conveniente el uso de materiales de núcleo, para aumentar la rigidez, reducir el peso o proporcionar volumen a la parte moldeada.

## 4.2.1.3 ETAPAS DEL PROCESO

<p>01- Diseño del tipo de molde para la fabricación de la pieza a fabricar.</p> <p>02- Preparación del molde cuidadosamente.</p> <p>03- Aplicación del gel coat sobre este el molde.</p> <p>04- Agregar una capa de resina sobre el molde.</p>	<p>Molde Abierto</p> 	<p>Pieza terminada</p> 
<p>05- Colocación de la F. de V. sobre el molde con gel coat y la resina.</p> <p>06- Impregnación de la F. de V. con la resina poliéster.</p> <p>07- Rolar (rodilla) para compactar y sacar el aire atrapado en la resina y la F. de V.</p>	<p>Preparación del molde</p> 	<p>Pieza terminada</p> 
<p>08- Esperar el tiempo necesario para que la pieza cure (endurezca).</p> <p>09- Desmoldar y sacar la pieza terminada.</p>	<p>Aplicación del gel coat en el molde</p> 	<p>Pieza terminada</p> 
	<p>Impregnado y rolado</p> 	<p>Molde abierto</p> 

---

La incorporación de materiales de núcleo debe hacerse cuidadosamente, los más empleados son las espumas plásticas.

El uso de esos materiales puede causar dificultades de aplicación para quienes no tienen gran experiencia en el moldeado de estructuras de poliéster reforzado con F. de V.

Solamente una de las superficies de la pieza, la que es moldeada en contacto con el molde, presenta un buen acabado, liso, brillante o mate, según lo deseado. La otra superficie, que no está en contacto con el molde, se muestra áspera y con un mal acabado. Si se desea, esta superficie puede tener un mejor acabado con la aplicación de una película de celofán o una capa de tejido de F. de V. de malla cerrada, antes del curado de la resina. El celofán debe ser removido del laminado después de la operación de aplanado de la superficie, cuando la resina este suficientemente cerrada. El tejido de F. de V. se vuelve parte integrante del laminado.

La resistencia química del laminado depende de la resina o gel coat. La F. de V. debe permanecer envuelta por la resina, sin contacto con el ambiente agresivo. La resistencia química de las resinas debe ser verificada consultando a los fabricantes.

#### 4.2.1.4 VENTAJAS DEL PROCESO

##### Sencillez

Baja inversión en moldes; los molde pueden ser de madera u otro material sumamente barato.

Ninguna limitación al tamaño de las partes pues este tipo de proceso es artesanal.

Flexibilidad de diseño y facilidad de modificación; por ser un proceso manual existe la posibilidad que durante el proceso se cambien características de las piezas como sus formas o tamaños o se hagan algunas modificaciones.

Baja inversión en equipos; Realmente el equipo que se utiliza es muy poco y rústico por lo que resulta barato.

---

---

Acabado, coloreado y decorativo; el acabado varia dependiendo de las necesidades y gustos del cliente ya que se le puede dar casi cualquier acabado.

Posibilidad de laminación fuera de la planta; este proceso se puede realizar fuera de instalaciones de planta, es decir puede ser en el lugar de colocación del producto.

#### 4.2.1.5 LIMITACIONES

Elevados requerimientos de mano de obra; por ser un proceso manual depende completamente del esfuerzo del moldeador.

Una única superficie con acabado (la que esta en contacto con el molde); un acabado bueno sólo puede ser en una de las caras.

Calidad dependiente de la habilidad del moldeador; a veces resulta muy difícil encontrar a un moldeador que realmente dé el acabado requerido por el cliente, además esto puede incrementar el costo del producto.

#### 4.2.2 MOLDEO POR ASPERSIÓN

Por este proceso la F. de V., la resina y, en algunos casos, cargas minerales son lanzadas simultáneamente contra la superficie del molde por medio de un equipo apropiado. Una vez mas se trata de un proceso de molde abierto adecuado a escalas de producción bajas y medianas. El rolado de la F. de V. en los contornos del molde se hace con rodillos y brochas. Se necesitan varias aplicaciones con la pistola de aspersión para lograr el espesor deseado en la pieza. Generalmente este proceso utiliza solamente resinas poliéster curadas a la temperatura ambiente. Si se desea, pueden usarse estufas para acelerar el curado.

Como en cualquier proceso de molde abierto, solo una de las superficies presenta un buen acabado. En general, esa superficie es moldeada sobre el gel coat, el cual debe ser aplicado en el molde y la F. de V. y resina se depositan sobre él. La F. de V. tejida (petatillo) es usada para reforzar áreas específicas del laminado.

---

#### 4.2.21 APLICACIONES

Las estructuras grandes y complejas son fácilmente moldeadas por aspersión. Algunos ejemplos típicos son: carrocerías de automóviles, barcos, moldes para concreto, etc.

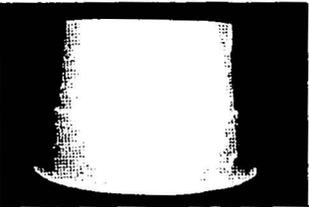
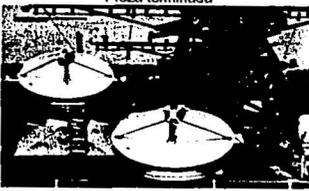
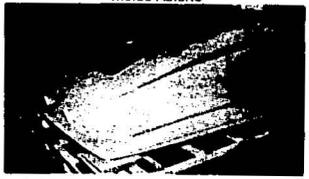
#### 4.2.22 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de moldeo por aspersión consiste en la aplicación simultánea de F. de V. y resina sobre el molde. La aplicación se hace con equipos especiales, conocidos como pistolas de aspersión, que cortan la F. de V. en tramos predeterminados antes de lanzarla al molde. La F. de V. cortada y la resina poliéster se depositan simultáneamente sobre el molde, y son roladas con los mismos rodillos que se usan en el proceso manual.

El moldeo con pistola puede considerarse como una laminación mecanizada, y es ventajosa para el moldeo de partes grandes y complejas en donde la conformación de las colchonetas y petatillos presentan dificultades. Además, los costos de laminación con pistola, generalmente, son más bajos que los del moldeo manual, debido a que se utilizan materiales más baratos, operan con mayor rapidez y eficiencia.

Las cargas minerales (calcita, alúmina hidratada, etc.) pueden ser agregadas a la resina con el objeto de reducir costos o conferir propiedades especiales a las piezas.

## 4.2.2.3 ETAPAS DEL PROCESO

01- Diseño del tipo de molde para la fabricación de la pieza a fabricar.	<p style="text-align: center;">Molde Abierto</p> 	<p style="text-align: center;">Rolado</p> 
02- Preparar el molde cuidadosamente.	<p style="text-align: center;">Preparación del molde</p> 	<p style="text-align: center;">Pieza terminada</p> 
03- Aplicar gel coat sobre el molde.	<p style="text-align: center;">Aplicación del gel coat en el molde</p> 	<p style="text-align: center;">Pieza terminada</p> 
04- Agregar una capa de resina sobre el molde.	<p style="text-align: center;">Impregnado y Rolado</p> 	<p style="text-align: center;">Molde Abierto</p> 
05- Colocar de la F. de V. sobre el molde con gel coat y la resina.		
06- Impregnar la F. de V. con la resina poliéster.		
07- Rolar (rodilla) para compactar y sacar el aire atrapado en la resina y la F. de V.		
08- Esperar el tiempo necesario para que la pieza cure (endurezca).		
09- Desmoldar y sacar la pieza terminada.		

#### 4.2.2.4 VENTAJAS DEL PROCESO

Moldes sencillos y baratos.

Mayor productividad que el proceso manual.

Los equipos portátiles permiten el moldeo fuera de la planta.

Fácil moldeo de piezas complejas, con curvas inversas.

Ninguna limitación en el tamaño de las piezas.

Mejor aprovechamiento de las materias primas (menos pérdidas).

#### 4.2.2.5 LIMITACIONES

Costo de mano de obra relativamente alto.

Una única superficie con acabado la que esta en contacto con el molde

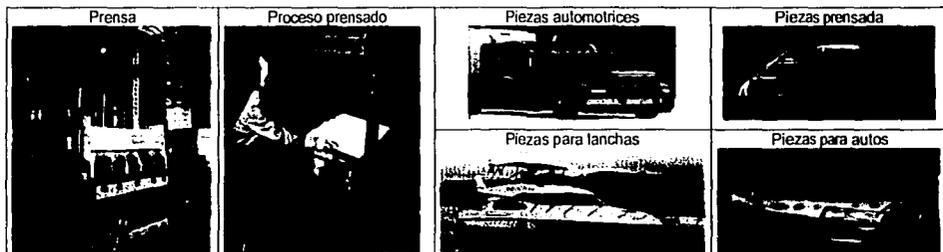
Calidad dependiente de la habilidad del aplicador, a veces resulta muy difícil encontrar a un aplicador que dé el espesor uniforme requerido en la pieza, además esto incrementa el costo del producto.

### 4.3 PROCESOS DE PENSADO

#### 4.3.1 PROCESOS DE PENSADO EN CALIENTE

##### 4.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A menos que la pieza por formar sea plana o se trate de cubos o piezas donde se pueda emplear colchoneta, en la mayoría de los casos es necesario fabricar una "preforma" de refuerzo, operación que se efectúa de distintas maneras, siendo las más empleadas el método de cámara plena y de fibra dirigida. En ambos casos es necesario fabricar en lámina de acero una réplica del modelo. Esta lámina tiene agujeros de 1.5 a 3 mm. (0.06-0.125"), dispuestos en tal forma que se tenga un área perforada correspondiente al 40-45% de la superficie total. Esta "pantalla" debe tener una superficie tersa en la cara que recibe el refuerzo y se sugieren encerados intermitentes para evitar la adhesión de refuerzo.



Una vez que la resina se ha vaciado en la preforma se activa el cierre de la prensa, que es una operación automática, prefijada al igual que la temperatura y ciclo de moldeo, con anterioridad a la operación. Transcurrido el ciclo de moldeo, generalmente de 2 a 4 minutos, la prensa se "abre" automáticamente, procediendo a extraer el artículo fabricado que en algunas ocasiones se coloca en un recipiente con agua a fin de "frenar" el curado de la pieza, evitando de esta manera que el artículo se deforme o sufra estrelladuras.

---

Generalmente el "desmoldeo" de la pieza fabricada, se efectúa con ayuda de aire comprimido, y en caso de requerir herramienta, deben ser de plástico o metales más blandos que el material de construcción del molde.

En la mayoría de los casos, los productos fabricados se encuentran listos para su empaque, sin embargo en ocasiones es necesario hacer corte o "maquinado" de piezas.

#### 4.3.1.2 *MÉTODO DE CÁMARA PLENA*

Este método es empleado con mayor frecuencia, consiste en lo siguiente:

El molde para la preforma se encuentra colocado en una caseta generalmente metálica, que tiene en la parte superior un contador de "roving" y en la inferior, debajo de la pantalla, un extractor de aire.

En los costados o en la parte superior existen ventilas para regular el flujo de aire por circular, así como un dispositivo que agrega y dosifica a la fibra de vidrio un aglutinante o "binder", de tal manera que las secciones de fibra al depositarse en la pantalla (que en la mayoría de los casos se encuentra girando en sentido horizontal), den lugar a la preforma. El aglutinante es generalmente unas emulsión de acetato de polivinilo o de resina fenólica.

Una vez que se ha depositado la cantidad necesaria de material de refuerzo, la pantalla se lleva a una cámara de calentamiento en la que se evapora el agua de la emulsión y polimeriza la resina, quedando fabricada la preforma. El tiempo para la fabricación de preforma se encuentra relacionado por la cantidad de refuerzo y forma de la pieza a fabricar.

En la actualidad y sobre todo cuando se trata de piezas relativamente pequeñas, existen máquinas del tipo de cámara plena, que tienen en la misma unidad el homo o cámara de calentamiento, siendo el proceso completamente automático.

---

#### 4.3.1.3 PROCESO DE FIBRA DIRIGIDA

En este método el molde para la preforma se encuentra colocado verticalmente, de tal manera que las secciones de fibra de vidrio se dirigen a éste por medio de una corriente de aire y al mismo tiempo se aplica material aglutinante.

Como en el caso anterior, la preforma gira (ahora en sentido vertical) a fin de asegurar una distribución uniforme de material de refuerzo y posteriormente la pantalla se lleva al horno o cámara de calentamiento para evaporar el vehículo de la resina aglutinante.

En muchos casos este tipo de máquinas preformadoras tienen la cámara de calentamiento en la misma unidad, y basta con girar 90° la pantalla y soporte para aplicar calor y lograr el curado de la resina aglutinante.

Fabricada la preforma se procede a la obtención de la pieza de PRFV siguiendo con el proceso que consiste en colocar la preforma sobre el molde de la prensa y a continuación verter sobre ella y de manera uniforme, la resina convenientemente formulada para este tipo de moldeo.

#### Ventajas del proceso

Este proceso, diseñado para producción en gran escala ofrece entre otras las siguientes ventajas.

Piezas con un alto contenido de material de refuerzo.

Excelente acabado en toda la superficie. (Por las dos caras).

Alta producción de piezas / hora.

Poco o mínimo desperdicio.

Poca labor para el acabado.

Excelente reproducción por lo que respecta a tamaño, espesor, etc.

Bajo costo de elaboración.

#### Limitaciones

La mayor desventaja de este proceso es el alto costo del equipo necesario, es decir prensas, medios de calentamiento, y además, a menos que la pieza por fabricar sea sencilla (ejemplo: charolas, separadores, etc.), se requerirá una máquina para la fabricación de la preforma.

---

---

Las prensas usadas en este proceso independientemente del tamaño de las piezas por fabricar, deben tener una presión de 3.5 a 35 kg/cm<sup>2</sup> (500 lb/pulg<sup>2</sup>).

### Componentes de la formulación

En estas formulaciones, es conveniente tener en cuenta algunos factores para obtener buenos resultados.

#### Resina

El consumidor puede escoger entre una gran variedad de resinas, con resistencia química, retardancia al fuego, etc., dependiendo de las necesidades en el producto terminado. En muchas ocasiones se recomienda modificar para prensado con un pequeño porcentaje de resina flexible, no sobra recordar que las resinas de resistencia química no deben ser "cargadas" pues aún pequeñas cantidades de estos materiales pueden modificar sus propiedades anticorrosivas.

#### Cargas

Existe una buena disponibilidad de cargas para utilizarse en este sistema, pero la empleada con mayor frecuencia es el carbonato de calcio, debido principalmente a la característica de no aumentar demasiado la viscosidad de la mezcla aunque se empleen grandes cantidades. En otras ocasiones se usa como carga el Hidrato de Aluminio principalmente cuando se requieren propiedades de retardancia al fuego.

#### Desmoldante Interno

Con este nombre se denomina a un grupo de compuestos químicos con bajo punto de fusión y que en la formulación de resina para este proceso de extrucción, tienden a emigrar a las partes calientes, facilitando el desmolde.

En este grupo de componentes se encuentran los estearatos de Aluminio y Zinc, así como algunos derivados del ácido fosfórico, en algunos casos se recomienda el uso de lecitina de soya. Todos los compuestos se sugieren en cantidades de 0.5-1.25% en base a la resina, ya que en mayor cantidad tienden a plastificar el producto.

---

Los productos usados comúnmente como desmoldantes internos para moldeo en caliente son:

**Tabla 33 Desmoldantes internos más usados**

PRODUCTO	TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C)
Acido Esteárico	70
Estearato de Plomo	103
Estearato de Aluminio	115
Estearato de Zinc	133
Lecitina de Soya	Líquido

Fuente: Resinas Poliéster, Plástico Reforzado, Felipe Panilla, DCG Lorena Jasso, 14 edición, julio 1998.

### Catalizadores

Para este tipo de procesos existe una gran variedad de catalizadores, que son empleados solos o combinados, y su selección depende básicamente de la temperatura de moldeo siendo el más usado el peróxido de benzoilo, aunque las mezclas en que interviene tienen un corto periodo de vida en almacenamiento, generalmente de 3-5 días. Este catalizador se usa en rangos de temperatura de 90-130°C, comúnmente. El perbenzoato terciario de butilo (T.B.P.) se emplea en rangos de 130-150°C, y la mezcla de resina tiene una vida de almacenamiento de 2-3 meses. En ocasiones este catalizador se adiciona con pequeñas cantidades de peróxido de benzoilo para obtener tiempos de curado más cortos. El peróxido de dicumilo se trabaja en forma similar, pero su uso comercial no está muy extendido.

### Pigmentos, Colorantes

Cuando se desea que las piezas por fabricar tengan color, generalmente se agregan a la mezcla dispersiones o pastas de pigmento en los que el vehículo puede ser un plastificante o una resina poliéster. El pigmento contenido en la pasta debe tener resistencia al calor y al intemperismo, de lo contrario, la falta de éste puede ser atribuida a la resina.

### 4.3.2 PROCESOS DE PENSADO EN FRIO

#### 4.3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Definido como "Proceso de impregnación de un material fibroso con resina poliéster líquida, que cura a temperatura ambiente y a baja presión", este proceso es más rápido que el proceso de aspersión y menos costoso que el prensado en caliente, ya que emplea prensas de baja presión y para el moldeo se requiere de moldes de plástico reforzado, obteniéndose piezas con superficies uniformes en todos sus lados.

#### Fabricación de los moldes

La fabricación de los moldes en este proceso se efectúa de la siguiente manera:



El modelo generalmente preparado a partir de yeso, se construye de tal manera que su contorno se prolongue en una sección perimetral plana (aproximadamente 10cm) en la que se colocan los pernos guía, procediendo al sellado, pulido, etc., de la superficie por reproducir y la "ceja perimetral".

Alrededor de la parte perimetral, (generalmente cuadrada o rectangular de acuerdo con el modelo) se construye un marco de madera cuya altura es de aproximadamente 15cm. Mayor que la parte más alta del modelo, procediendo a la aplicación de agente desmoldante y cuando éste se encuentra seco, se aplica una capa de gel coat de aproximadamente 0.6 mm de espesor que es obtenido en 3 o 4 recubrimientos.

Cuando el gel coat se encuentra curado, se procede a fabricar un laminado con resina poliéster y fibra de vidrio, (cochoneta y tela en capas alternadas) hasta obtener un espesor aproximadamente de 6 mm.



---

El laminado debe cubrir el marco de madera, y estar perfectamente roloado a fin de evitar burbujas de aire que se harán notables en la operación (debido a la exotérmica de los laminados).

Cuando la última capa se encuentra curada, se procede a colocar un sistema de enfriamiento que consiste en un serpentín de tubos de aluminio o cobre que conforma a la superficie del laminado y se prolonga de 6 a 8 cm. Fuera del marco que ha sido previamente perforado.

El siguiente paso consiste en cubrir el sistema de enfriamiento con una mezcla de resina epoxi y granalla de zinc, de tal manera que este recubrimiento tenga una altura aproximadamente de 3 cm. Mayor que el serpentín. Cuando la mezcla epoxi / zinc se encuentra curada, se procede a llenar el resto de la cavidad con resina epoxi convenientemente cargada con arena sílica, cuarzo, etc. Durante esta etapa se colocan en el molde refuerzos metálicos interiores y perimetrales, estos últimos actuarán como soportes cuando el molde se coloque en la prensa.

Cuando la primera sección del molde se encuentra lista se desarma el marco de madera, colocando bridas y camisas protectoras a los tubos del sistema de enfriamiento, a continuación, y después de la limpieza del agente desmoldante en la superficie de moldeo obtenida, se procede a colocar cera calibrada en la superficie hasta obtener el espesor requerido en la pieza por fabricar, en lugar de cera calibrada, que se conforma y une con aire caliente se pueden utilizar hojas de corcho, con espesor adecuado, (1/32", 1/8", etc.) que se sugiere mojar con agua para lograr una mejor conformación, si se desea una textura tersa, bastará con recubrir la hoja de corcho con tela vinílica con el acabado deseado, la unión se hace con pegamento de contacto.

Posteriormente se colocan los orificios para los pernos guía y ya ajustado el marco de madera, se siguen los pasos descritos (agente desmoldante, gel coat, laminado con resina poliéster, serpentín de enfriamiento, resina epoxi / granalla de zinc, epoxi carga, etc.) obteniéndose la segunda parte del molde (generalmente parte hembra).

Obteniéndose el molde, y después de un período de "postcurado" a 60-70°C durante 14-16 horas, (proceso que se puede efectuar en un horno o por medio de los tubos del sistema de enfriamiento interconstruido en el molde) se procede a colocar las dos secciones en la prensa, y a obtener las piezas de plástico reforzado, el proceso de fabricación es como sigue:

---

Preparadas las secciones del molde con agente desmoldante y gel coat no siempre necesario, se coloca en el molde inferior (parte hembra) el refuerzo, sobre el que se vierte la resina poliéster convenientemente preparada. En ocasiones se emplea para este tipo de fabricación una mezcla 1:1 de dos formulaciones de resina poliéster, la parte A con dimetil anilina (DMA) y la parte B contiene peróxido de benzoilo, y una o las dos partes de la formulación pueden ser pigmentadas, tienen además, desmoldantes internos, aunque estas formulaciones no son del todo recomendables si se requiere resistencia al intemperismo y al amarillamiento.

Es importante recordar que los materiales con que se han construido los moldes, retienen con facilidad el calor generado por la reacción exotérmica durante el proceso de curado, por lo que los tiempos de gel y cura durante la fabricación se reducirán a medida que los moldes absorban el calor resultante. A fin de obtener una producción constante, se hace circular agua fría o caliente a través del sistema de enfriamiento no permitiendo que la temperatura exceda de 45-50°C aumentando así la vida útil de los moldes.

Por lo que respecta a la prensa, ésta puede tener un cilindro hidráulico o neumático ya que las presiones requeridas varían de 1.4 a 5 kg/cm = (10-70 lb/pulg.) y la velocidad de cierre estará relacionada con el tiempo de gelado de la formulación, siendo conveniente el colocar "espaciadores" entre las dos planitas de la prensa.

El paralelismo entre estos moldes tiene una tolerancia de 0.3 milímetros, ésta condición es importante ya que influye en el espesor de la pieza por fabricar.

#### 4.4 PROCESOS CONTINUOS

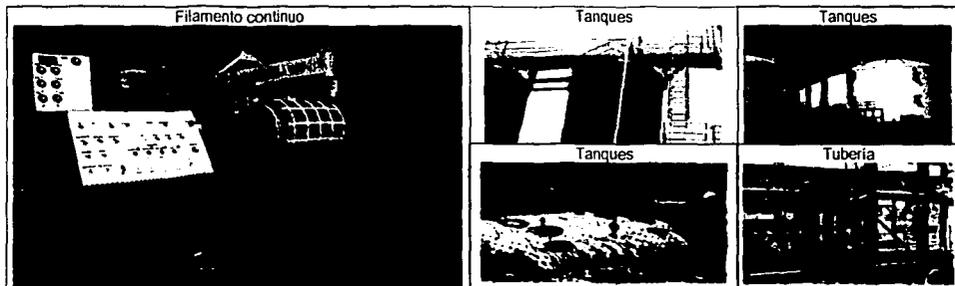
##### 4.4.1 *EMBOBINADO DE FILAMENTO CONTINUO*

Empleado en la fabricación de tubos y tanques de plástico reforzado, se obtienen productos con buena resistencia mecánica y buen acabado interior (proporcionado por el molde).

Descripción del Proceso

---

Consiste básicamente en el "enrollado" del material de refuerzo, en este caso "roving" a un eje o mandril que actúa como molde y al que previamente se le aplicó separador, Que en algunos casos es una película de plástico como polietileno), o un tubo de cartón comprimido convenientemente preparado.



El material de refuerzo y el recipiente que contiene la resina poliéster por usar (generalmente de resistencia química) con monómero, agente tixotrópico, acelerador y catalizador, se encuentran colocados en una plataforma que se desplaza en forma paralela al eje o mandril, con una velocidad tal, que el material de refuerzo (que se impregnan por inmersión en resina) forme un ángulo de  $55^\circ$  con respecto al eje del mandril. Este ángulo, (cuya medida exacta es de  $54^\circ 45'$ ) proporciona la mejor resistencia a cargas axiales y longitudinales, además de que el roving se aplica pretensado, empleando también telas o "vendras" de refuerzo con anchos de 5-10 cm aumentando la resistencia mecánica. Cuando se fabrican tanques, las tapas o cabezales se forman aplicando el roving en ángulos de  $108^\circ$  (en sentido ecuatorial). Frecuentemente, la fabricación de tubos y tanques en su sección cilíndrica, se hace con capas superpuestas de roving, en ángulos de  $60^\circ$  y  $5^\circ$ , es decir en este último caso se forman anillos prácticamente perpendiculares al eje del molde.

Aunque en este proceso no es necesario aplicar un rolado al producto, ya que la tensión y presión que ejerce el material de refuerzo, evita al máximo la formación de burbujas, logrando además buena humectación de la fibra de vidrio, sí es aconsejable que se "role" la última capa de material, logrando en esta forma una buena apariencia del producto.

---

En ocasiones, entre 2 capas de roving se coloca o forma una colchoneta de refuerzo, mejorando la resistencia mecánica del laminado al aumentar la superficie de contacto entre los refuerzos, y evitando que los posibles poros y espacios sin refuerzo, puedan ocasionar goteo del líquido almacenado.

Fabricado el artículo, y una vez que la resina se encuentra en proceso de curado, se procede a desmontar el tubo o tanque, operación que se efectúa con ayuda de templadores o quijadas mecánicas, maniobra que se facilita al máximo si el mandril es ajustable o se fabricó con hule (cámara a presión), en estos casos basta con reducir el diámetro o disminuir la presión de aire en el molde.

#### 4.4.2 CENTRIFUGACIÓN

##### 4.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación es el siguiente: En un cilindro, usualmente de acero y a cuyo interior se le aplicó agente desmoldante se coloca el material de refuerzo, por lo común colchoneta de fibra de vidrio, y a continuación, mientras el cilindro gira a 1000-1800 R.P.M. se vacía la resina poliéster convenientemente formulada con acelerador y catalizador, manteniendo la velocidad del molde por espacio de 5 a 8 minutos o hasta que la resina haya impregnado perfectamente el material de refuerzo, a continuación disminuir la velocidad de rotación del cilindro. (La determinación de la velocidad de giro depende básicamente del diámetro de tubo a obtener; en términos generales a menor diámetro se requiere una mayor velocidad). Es importante recordar que la gravedad específica del material de refuerzo y cargas son mayores que las de la resina, por lo que un "gelado" largo o exceso de velocidad ocasionarían que el refuerzo se deposite en la pared del molde (parte exterior de la pieza), proporcionando por lo tanto un producto con exceso de resina en la parte interior.

Cuando el material "gela" se procede a colocar la siguiente capa de refuerzo, repitiendo el proceso cuantas veces sea necesario, hasta obtener el espesor de pared deseado en el tubo o el tanque por fabricar.

En éste proceso no se puede rolar, por lo que los productos terminados tienden a tener aire ocluido, lo que disminuye su resistencia mecánica, ocasionando rupturas. Estos productos tienen bajo contenido de refuerzo comparados con los productos obtenidos en el emboinado aunque una de las ventajas del proceso de centrifugación es que sus productos tienen una gran exactitud en sus espesores, además se les

---

---

puede aplicar si se necesita gel coat para una mayor resistencia al intemperismo ya que tienen un buen acabado exterior.

#### 4.4.22 LIMITACIONES

Este proceso, empleado para la fabricación de tanques y tuberías, tiene limitaciones por lo que respecta al tamaño del artículo por fabricar, ya que los moldes generalmente tienen diámetros y longitudes no mayores de 1.5 y 6 m. Respectivamente.

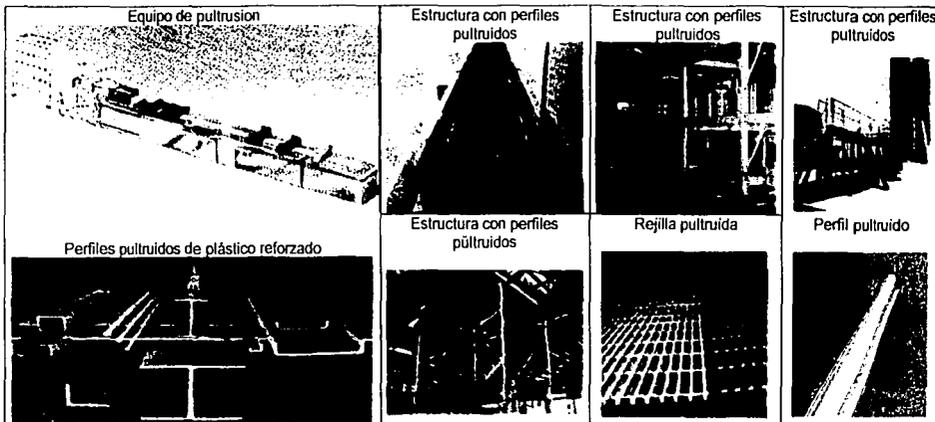
#### 4.4.3 PULTRUSIÓN

##### 4.4.31 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Al igual que otros tipos de plástico, las resinas poliéster convenientemente reforzadas son extruidas para formar perfiles por ejemplo redondos, cuadrados, ángulos, etc.

##### 4.4.32 DESCRIPCIÓN

El proceso consiste en la impregnación del material de refuerzo (roving) con resina poliéster (convenientemente formulada con carga, catalizador para temperatura, desmoldante interno, pigmento, etc.) y el material impregnado se hace pasar por una matriz o dado que lo preforma para inmediatamente pasar por un horno en donde la resina alcanza el curado completo.



En ocasiones en lugar de horno, se emplea equipo para curado por microondas y el dado se encuentra recubierto con materiales antiadherentes (teflón). Este proceso es continuo y el perfil obtenido se corta al tamaño deseado, encontrándose listo para su empleo. Los perfiles tienen una gran resistencia mecánica, ya que el contenido de refuerzo puede ser de hasta 70% y el acabado es bueno, pues los dados formadores por lo general son cromados con características semejantes a los utilizados en prensado con temperatura.

#### 4.4.4 LAMINADO CONTINUO

Este proceso implica el empleo de maquinaria que consiste básicamente en tres secciones por las que atraviesa una banda sinfín. En la primera sección y sobre una película de celofán o mylar, que corre en la banda, se coloca el velo de fibra de vidrio, aunque por lo general esta se forma a partir de "roving". Posteriormente se aplica la resina poliéster preparada de acuerdo con las necesidades de temperatura y tiempo procediendo a cubrir la pieza con una última película separadora.

---

El "sandwich" así obtenido se hace pasar a través de una serie de rodillos que ayudan a impregnar el material de refuerzo, a extraer el aire ocluido y calibrar el espesor pasando posteriormente a un horno de curado, que mantiene la temperatura en rangos de 90-110°C y que tiene una longitud de 15 a 30 metros. La velocidad de producción (que varía de 1 a 3 m/min) depende de la temperatura de curado y cantidad de catalizador en la resina.

En la tercera y última sección del equipo, la lámina se corta en secciones adecuadas, procediendo al almacenamiento.

Con este tipo de equipo es posible obtener un espesor uniforme en todos los productos pudiendo variar la forma de ellos (tipo de canal) con el cambio de moldes en el túnel de curado.

#### 4.4.5 MOLDEO POR TRANSFERENCIA

La automatización del antiguamente llamado proceso de marco, ha dado lugar al llamado Moldeo por Transferencia también denominado RIM (Resin Injection Molding).

##### 4.4.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

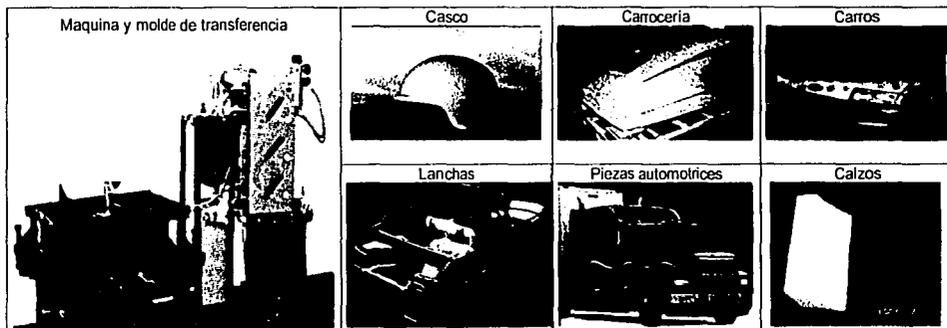
Los moldes empleados en este proceso son similares a los del sistema de Prensado en Frío con la diferencia de que la selección de molde fija, generalmente hembra tiene en su periferia una junta flexible para evitar pérdida de material, así como una o más válvulas de inyección y orificios de salida o purga de aire / resina, y en algunos casos grapas o mecanismos de cierre rápido.

##### 4.4.5.2 ETAPAS DEL PROCESO

El material de refuerzo (preforma o colchoneta de hilo continuo) se colocan en la parte inferior del molde, a cuyas secciones se les aplicó previamente agente delmoldante y gel coat si este es requerido. Colocado el refuerzo se cierra el molde, (operación que dependiendo del peso y tamaño de la sección se coloca manualmente o por medio de poleas o prensa) y se opera el mecanismo de cierre. Después se "inyecta" la resina con presiones de 1 a 1.5 kg/cm<sup>2</sup> (15 25 lb/pulg<sup>2</sup>) y que se fórmula para tiempos de gel de 8 a 12 minutos dependiendo del tamaño de la pieza. La resina puede estar "cargada" con carbonato de calcio, microesfera de vidrio o hidrato de aluminio y generalmente se fórmula con dimetil o dietil anilina como

---

acelerador y peróxido de bencilo como catalizador. La mezcla de la resina preacelerada y el catalizador se efectúa a la salida del equipo cuyo flujo se determina por medio de la carrera del pistón de inyección o por medidores de tiempo.



En ocasiones y para evitar presiones excesivas en el molde e inclusive con moldes de paredes más delgadas, se procede a aplicar vacío en una o más purgas, cerrando éstas a medida que el material fluye por ellas (sistema conocido como VART Vacuum Assisted Resin Transfer).

Transcurrido el ciclo de moldeo, se procede al desmolde y basta con hacer el recorte del perímetro para obtener piezas con superficies de acabado.

Para la fabricación de moldes en este proceso, se ha desarrollado un sistema de Resina acrílica polimerizable a temperatura ambiente, y que debido a su alto contenido metálico (80%) tiene buena transmisión de calor y puede maquinarse en forma convencional. Este sistema puede emplearse también con prensado a temperatura ambiente (Cold Molding) y en algunos casos, los moldes se terminan en un depósito de material.

# SEGURIDAD INDUSTRIAL



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

98-152

---

## 5 SEGURIDAD INDUSTRIAL

La industria del plástico reforzado como toda industria posee características propias con lo que respecta a seguridad, como involucra productos químicos requiere un factor de seguridad moderadamente mayor a industrias como la del acero, automotriz, etc., sin embargo no es mayor a otro tipo de industria como es la de pinturas.

Es necesario conocer las propiedades y recomendaciones respecto al manejo de los materiales para disminuir al mínimo las probabilidades de accidentes.

El análisis de cada una de las operaciones en el proceso determinará las condiciones necesarias para llevarla a cabo adecuadamente, las subsecuentes actividades deben realizarse antes de iniciar un trabajo además de algunas muy específicas para cada proceso:

- Vestir y usar equipo de seguridad (lentes, guantes, ropa de algodón, etc.).
- Revisar en materiales como fecha, propiedades, tipo, especificaciones, temperatura, etc.
- Mezclar los materiales que lo requieran, en el caso de Gel Coats deben ser agitados con 24 horas de anticipación.
- Revisar las instalaciones eléctricas, neumáticas, extractores, ventiladores, etc.
- Calibrar equipo y herramienta, como dosificadora de catalizador, equipo de aspersión, etc.
- Revisar moldes requeridos, limpios con desmoldante, etc.

Los procedimientos y guías de trabajo deben ser colocados en lugares visibles y a las distancias recomendables en áreas de trabajo, responsabilizando al personal de su vigilancia y cumplimiento.

Las condiciones de seguridad y protección adecuadas, sin olvidar los requerimientos generales, se señalan a continuación.

### 5.1 ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS

Toda la materia debe estar correctamente identificada por medio de etiquetas impresas en colores y tamaños de acuerdo a las normas respectivas y contener la siguiente información.

Nombre del producto y uso, instrucciones de manejo y almacenamiento, primeros auxilios, pictogramas de equipo de seguridad y personal, teléfono de emergencia (Organización generalmente de sociedad o representación de industrias, en nuestro caso SETIQ).

Avisos de peligro, rombos con simbología, número de riesgo y transportación.

Rombo SICOR (Sistema Identificación Comunicación de Riesgos, NFPA) con clasificación numérica acorde al riesgo en cada una de sus divisiones (Salud- Azul, Inflamabilidad-Rojo, Reactividad-Amarillo, Riesgo Especial-Blanco), en ocasiones se colocan etiquetas con los pictogramas correspondientes.

Es importante hacer notar el grado de advertencia o significado de las siguientes palabras:

<b>¡PELIGRO! (DANGER)</b>	Alerta a los daños o riesgos más graves.
<b>¡ADVERTENCIA! (WARNING)</b>	Grado intermedio de riesgo.
<b>¡PRECAUCIÓN! (CAUTION)</b>	Menor o bajo riesgo

En algunos casos si los productos son sumamente tóxicos por ingestión, inhalación o absorción se requiere la advertencia "VENENOSO" y la etiqueta correspondiente.

Además de lo anterior se requiere etiquetar con los datos acostumbrados, peso, fecha, caducidad, número de lote, sin olvidar que envases vacíos también deben estar etiquetados pues pudieran considerarse residuos peligrosos.

El almacenamiento de materias primas se llevará a cabo conforme a las sugerencias de los proveedores, teniendo especial cuidado en ventilación apropiada para evitar concentración de gases o vapores orgánicos

---

---

(VOC), que puedan originar siniestros, los tanques de almacenamiento de líquidos deben contar con venteo y válvulas de seguridad así como diques y condiciones para un drenado óptimo en casos de emergencia.

Las cargas y refuerzos estarán almacenados en tarimas que no permitan absorción de humedad y contaminación al subsuelo, las estibas no deben exceder la altura o número de empaques indicado para cada producto. Las áreas de almacenamiento deben estar delimitadas y con pasillos de acceso libres de estorbos. (En toda la planta deben delimitarse con pintura amarilla las áreas de trabajo, pasillos de tráfico, salidas existentes, acceso a extinguidores, etc. Observando las reglamentaciones para el tipo de proceso o empresa).

## RED ELÉCTRICA

La red eléctrica debe mantenerse en condiciones óptimas, con tapas en contactos, empalmes adecuados y sobre todo evitar sobrecargas. Las extensiones se harán con cable de uso rudo, calibre adecuado y cajas terminales, evitando el tránsito sobre ellas.

La iluminación debe ser apropiada según norma aplicada.

En caso de reparaciones, los interruptores generales sólo deben ser abiertos o cerrados por personal autorizado (se sugiere etiquetas de advertencia). Si se requieren lámparas portátiles estas deben ser a prueba de explosión, y es conveniente la instalación de luces o lámparas de emergencia en áreas críticas.

## ATERRIZADO

Todas las empresas tienen, en grado menor o mayor riesgo de incendio, riesgo conocido y acorde a su probabilidad se establecen medidas de seguridad específicas.

En la Industria del P.R.F.V. Resinas existen probabilidades de incendio ocasionados por electricidad estática (los rayos son un buen ejemplo de este tipo de energía) que se origina en todas las partes del equipo o fluidos en movimiento y el riesgo se incrementa si la humedad relativa es menor a 50% (climas secos y calurosos) por lo que se debe adoptar entre otras las siguientes medidas:

Aterrizado de equipo en movimiento ejemplo: compresora, pistola de aspersión, etc., en este último caso un aterrizado nos ayudará a mejorar el depósito de refuerzo en los moldes.

Aterrizado de tanques, tambores y recipientes, durante carga, descarga o transvase.

Los aterrizados se harán por medio de cables sin forro que se conectan adecuadamente a una tubería de agua corriente o a una varilla de cobre diseñada expreso y que se "clava" en el suelo.

Aumentar humedad relativa mojando con agua y en forma periódica las áreas de trabajo con equipo en movimiento.

Pedir y exigir al trabajador que no vista ropa sintética que produce electricidad estática con facilidad.

#### Suministro de aire

El empleo de aire comprimido, es común a todo tipo de Plantas Productivas, la (s) compresora (s) y recipientes a presión deben contar con memoria de cálculo (proporcionada por el fabricante) instaladas en una jaula, preferentemente al exterior del edificio de operación evitando así la absorción de aire con polvos y VOC. La transmisión colocada hacia la pared, deberá tener guarda protectora, (condición válida a todo tipo de transmisión) y se llevará una bitácora de la operación del equipo así como de su mantenimiento preventivo y correctivo. Las tuberías de aire deben presurizarse y ser comprobadas anualmente, las tomas de aire como mangueras y conexiones deben verificarse por lo menos dos veces por año.

El uso de aire comprimido debe limitarse a labores de operación NO emplearse para limpieza, evitando todos los juegos, bromas, novatadas etc., pues el INTESTINO HUMANO se rompe a una presión de 4 lb/pulg<sup>2</sup> y el sistema auditivo es sumamente sensible a la presión.

#### Taller de mantenimiento

Frecuentemente se requiere de la fabricación de estructuras metálicas para moldes o artículos terminados, haciendo necesario el empleo de soldaduras oxiacetileno o de arco. Esta operación NO se hará en sitios

---

donde existan vapores orgánicos (VOC) o materia prima inflamable, se llevará a cabo en casetas o con extractores "portátiles" equipados con filtros adecuados para evitar que los vapores provenientes del "fundente" contaminen la atmósfera. El uso de estos equipos se hará acorde a las recomendaciones de fabricantes y proveedores, con especial cuidado en el manejo de equipo "Oxiacetileno" y el almacenamiento de los envases correspondientes.

Las herramientas de corte y afilado deben tener guardadas, además el equipo de seguridad (anteojos, protectores faciales, etc.), serán accesibles y estarán en condiciones de uso.

Si se produce ruido excesivo de equipo neumático (más de 85 dcb promedio por turno de 8 hrs.), se implementará un programa preventivo para evitar daño, seleccionando el tipo y clase de protectores auditivos adecuados, además de aislar acústicamente el lugar "ruidoso".

#### Tuberías

La conducción de fluidos se lleva a cabo por medio de tuberías, independientemente de las características de cada una de ellas (diámetro, espesor de pared o cédula, tipo de unión, y/o juntas, etc.) es conveniente la codificación, que en este momento se utiliza la siguiente:

Tabla 3-4 Codificación de colores para tubería

COLOR	TUBERIA
Rojo	Sistema contra incendio
Azul	Aire comprimido
Naranja	Electricidad (ductos adecuados)
Verde	Agua fría
Negra	Aguas negras, lluvia

Fuente: Resinas Poliéster, Plástico Reforzado, Felipe Parrilla, DCG Lorena Jasso, 14 edición, julio 1998.

#### Extintores

De acuerdo a la reglamentación vigente estarán colocados en lugares de fácil acceso perfectamente indicados. El mantenimiento de este equipo será rigurosamente observado (verificación de cargas, fechas

---

de caducidad, mangueras en buen estado, pasillos no bloqueados, etc.), sin olvidar la protección de polvo y humedad, que se puede lograr con bolsas de polietileno en lugar de vitrinas.

Es conveniente contar con depósitos de arena (tambores recortados a  $\frac{1}{2}$  de su altura) con ruedas o carretillas que faciliten su transporte y palas o cucharas correspondientes, pues la arena además de ser útil en casos de incendio, puede ser empleada para absorber derrames accidentales de materiales líquidos.

Dependiendo del número de empleados y trabajadores, se establecerán programas de capacitación, procedimientos de evacuación y responsabilidades para cada miembro de la empresa por ejemplo: jefe de cuadrilla, reponsable del extintor en el momento crítico. Se sugiere efectuar simulacros periódicamente y se recuerda que el empleo de agua no es recomendable, pues los disolventes tienen una menor gravedad específica y al flotar extenderán el siniestro.

#### Ventilación

Una ventilación adecuada, tiene por objeto mantener en límites bajos la concentración de vapores orgánicos (VOC), disminuyendo así el riesgo de "explosividad" y cumpliendo con requisitos ambientales y laborales pues existe una reglamentación en cuanto a los "TLV" o "TWA" (Treshold Limit Value) Concentración Máxima Promedio en turnos de 8 hrs. de trabajo, 5 días a la semana, de polvo, niebla o vapor de componentes orgánicos o inorgánicos). Estos valores tienen un alto rango de seguridad y excederlos de manera ocasional o esporádica, no implica necesariamente un daño al trabajador.

Las tomas de los extractores deben estar a nivel de piso, pues los principales componentes volátiles de resinas y pinturas tienen una densidad mayor que el aire, tendiendo a depositarse en el piso (densidad de vapor Monómero de Estireno y Monómeros Acrílicos = 3.0, Metil Etil Cetona = 2.5, Acetona = 2.0, Aire = 1.0).

Los extractores deben contar con filtros de sólidos (fibra de vidrio) y filtro de carbón activado, que permiten la recuperación de disolventes al ser lavado con vapor de agua y puede ser reactivado. El volumen de aire por circular, dependerá básicamente de la cantidad de vapores desprendidos, pero en el caso de áreas de aplicación de resina/fibra de vidrio o pinturas se requiere de 3 m<sup>3</sup>/min. (100ft<sup>3</sup>/min); y los conductos de descarga atmosférica tendrán puertos de muestreo (bridas, coples, compuertas.), para verificar que las regulaciones de VOC contaminantes no exceden los límites establecidos.

---

En la tabla 32 se muestran las áreas donde la ventilación es imprescindible.

**Tabla 35 Áreas donde la ventilación es imprescindible.**

AREA	OPERACION	REQUERIMIENTO
Almacén de materias primas	Trasvase y manejo de materias primas.	Operación intermitente de extractores.
Caseta de aplicación (F.V./resinas, gel coats, pinturas)	Procesos, por ejemplo aspersión que desprecia el 40% de resina, en pinturas el 70% de su peso es volátil. (a veces utilizan los VOC como combustible de calefacción, hornos, etc.)	Operación continua de extractores.
Áreas de curado	Polimerización de resinas poliéster. Evaporación estimada de monómero de estireno de 70 a 80grs. / m <sup>2</sup> hora a 25°C. que puede disminuirse.	Operación continua de extractores y filtros de carbono. Posterior recuperación y limpieza de agua.
Áreas de mezclas	Mezclas para homogeneizar resinas o agregar cargas, pigmentos, aceleradores, etc.	Operación intermitente de extractores.
Áreas de lijado	Lijado de piezas, esto produce polvo excesivo.	Operación continua de extractores y espejos o cortinas de agua.

Fuente: Resinas Poliéster, Plástico Reforzado, Felipe Parrilla, DCG Lorena Jasso, 14 edición, julio 1998

Las áreas mencionadas no son las únicas zonas de requerimiento de ventilación, estas áreas son generales pero deben ser adaptadas a los requerimientos específicos de la planta, siempre recordando los valores de T.L.V. y L.E.L. de algunas de las materias primas empleadas en esta industria:

**Tabla 36 Valores de T.L.V. y L.E.L. de algunas de las materias primas empleadas en esta industria.**

	T.L.V. (ppm)	L.E.L. (%)
Metil Etil Cetona	200	1.8
Monómero de estireno	50	1.4
Dimetil Anilina	5	-
Acetona	750	2.6
Peróxido de MEC	0.2	-
Gasolina	50	1.4

Fuente: Resinas Poliéster, Plástico Reforzado, Felipe Parrilla, DCG Lorena Jasso, 14 edición, julio 1998.

## DESPERDICIOS

En la industria del P.R.F.V. Resinas los desperdicios resultan en forma constante del "recorte" de Fibra de Vidrio/Resinas, que no siendo considerado residuo peligroso o contaminante, pues satisface el análisis

---

CRETII (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Inflamable, Infeccioso), no por ello deja de ocasionar problemas de almacenamiento, manejo, transporte, etc, lo que representa un costo.

Se sugiere disminuir el desperdicio, empleando plantillas de corte para el refuerzo sin olvidar que la combinación de los distintos "anchos" y colocación de colchoneta, puede significar ahorro, por ejemplo fabricar laminados de 220 cm satisface con colchoneta de 1.32 y 95 cm =227cm, lo que incluye el traslape, calibrar los equipos de aspersión, pesar y medir la resina, el catalizador y componentes necesarios, todo esto representa un ahorro considerable y menor contaminación.

Otra opción es la reutilización de recortes que pueden ser molidos en molinos de cuchillas de acero y emplearse posteriormente como carga para concreto (sustituyendo arena) en pisos, techos, paredes, aplanados, etc. Y en los procesos productivos emplearse como carga para aumentar propiedades mecánicas.

Se sugiere también la utilización de franelas o telas de algodón en lugar de estopa ya que estas pueden ser lavadas y utilizadas varias veces. Los disolventes de limpieza pueden destilarse y ser reutilizados independientemente de la disponibilidad de "limpiadores" no contaminantes.

Los desperdicios no reciclables o recuperables deben ser almacenados en recipientes y enviados a tiraderos autorizados.

## Agua

La industria del P.R.F.V. Resina, emplea el agua solamente como refrigerante y lubricante de equipos de corte o en proceso de lijado, siendo necesario un colector, separar por decantación las partículas sólidas y reutilizar este insumo, pues no se requiere tratamiento químico (neutralización). Se debe tener cuidado de no arrojar productos químicos (acetona, thinner, estireno, etc.), a la red de desagüe. También podría emplearse el agua pluvial mediante la captación y si lo requiere una filtración.

### Protección personal

Es indiscutible que el recurso humano es el más valioso de toda empresa o industria. En el caso de la industria del plástico reforzado tiene una particular importancia pues la incidencia de mano de obra es determinante en la calidad de los artículos y el aprovechamiento de materiales.

A continuación se describe el equipo de protección personal necesario, cabe mencionar que habrá equipo especial dependiendo de las circunstancias.

### Mascarillas respiratorias

Pueden ser para polvos, vapores orgánicos, con alimentación de aire, etc., dependiendo del lugar y forma de trabajo, el operador debe ser instruido en el uso adecuado de este equipo.

### Protección facial y visual

Acorde a requerimientos de operación consiste en anteojos de seguridad o protección facial completa, esta se sugiere en caso de riesgo de salpicaduras y manejo de líquidos a presión.

### Guantes

Básicamente de carnaza, lona o vinilo, deben emplearse según requerimientos operacionales. Los guantes de vinilo pueden resultar incómodos por lo que se sugiere la utilización de guantes de algodón (absorción de sudor).

### Ropa

La ropa empleada debe ser de algodón evitándose las mangas largas (con excepción en áreas de lijado y aspersión), en casos necesarios zapatos de seguridad y cinturones de carga. En la industria del P.R.F.V. no son frecuentes los cascos de seguridad pero el evento lo determinará. No deben usarse pulseras, anillos, brazaletes, relojes, etc., durante sus labores.

### Accesorios

---

El empleo de carretillas, diablos de carga, balanceador de tambores, etc., facilitan las operaciones de trabajo y disminuyen los riesgos de accidente pero igual que todos los equipos deben mantenerse en condiciones óptimas de operación.

#### Áreas de alimentación

Los sitios de alimentación y descanso deben ser alejados de áreas productivas y contar con el mobiliario necesario para su finalidad, siendo patente la condición de higiene. No se debe permitir la ingestión de bebidas y alimentos fuera de estas áreas y del horario autorizado. Los distintos reactivos o productos químicos no deben ser envasados en recipientes por ejemplo de refresco para evitar confusiones peligrosas.

Por lo que se refiere al servicio sanitario, es necesario un buen mantenimiento y aseo así como la iluminación y ventilación adecuadas. Limpieza periódica con microbicidas para evitar infecciones cutáneas. En algunos casos se sugieren lavaojos y regaderas en sitios claves y rápidamente identificables.

Además de las sugerencias anteriores, los trabajadores deben ser examinados periódicamente, se recuerda que el tabaquismo, al asma, y alergias aunadas a polvos y VOC pueden derivar problemas médicos mayores. Debe existir un botiquín listo para cualquier emergencia que esté a su alcance.

#### Señalamientos

Rótulos, avisos, etc., se deben colocar perfectamente para ser observados por trabajadores y visitantes. Rutas de evacuación o escape, instructivos de emergencia, primeros auxilios, etc., deben ser visibles y pintadas con tintas o pinturas "FOSFORECENTES". Se debe establecer programas de emergencia y simulacros. Todos los avisos tendrán que cumplir con la reglamentación gubernamental además de cumplir con condiciones particulares de cada empresa.

A continuación se detallan, desde el punto de vista de seguridad, manejo y almacenamiento de los materiales que se emplean con mayor frecuencia en esta industria, haciendo notar que algunos límites de tolerancias TLV o TWA, pueden ser obsoletos, pues la reglamentación es actualizada constantemente.

**Tabla 37 Seguridad, manejo y almacenamiento los materiales que se emplean con mayor frecuencia en esta industria.**

<b>Resina poliéster / Gel Coats</b>	<p>El almacenamiento de estos productos debe hacerse en sus envases originales (generalmente tambores metálicos) en áreas cubiertas y bien ventiladas, de tal manera que la temperatura no exceda de 25°C. Esta última condición además de disminuir un probable accidente alarga la vida útil del producto.</p> <p>Cuando la resina poliéster se almacena en tanque de gran capacidad, se recomienda una limpieza periódica, independientemente que su colocación debe satisfacer condiciones de ventilación y temperatura, los tanques deben tener un tubo de venteo sin curvas y con un diámetro mínimo de 40mm (1.5") y que contenga un dispositivo para no permitir la entrada de humedad (se sugieren cartuchos de sílica gel). En esta forma se disminuye la formación de poliestireno.</p> <p>La presentación comercial de las resinas poliéster consiste en una solución con monómero de estireno, por lo que en caso de salpicaduras es este reactivo el que ocasiona irritación en la parte afectada, siendo necesario limpiar la piel con una crema limpiadora o acetona, lavando inmediatamente con agua y jabón. La ropa contaminada debe lavarse antes de usarse nuevamente.</p>
<b>Aceleradores</b>	<p>Los aceleradores o promotores son generalmente soluciones de sales metálicas en disolventes alifáticos, y su almacenamiento requiere de áreas cubiertas y ventiladas, con temperatura no mayor a 25°C. Es importante recordar que la mezcla de acelerador y catalizador es explosiva, por lo que el almacenamiento de estos productos deberá hacerse en lugares perfectamente definidos no permitiendo una colocación contigua.</p>
<b>Sales metálicas (Nafenato de Cobalto, Octoato de Cobalto)</b>	<p>La presentación comercial de estos productos consiste en una solución al 6% de la sal metálica en gas nafta, por lo que las condiciones de almacenamiento no varían de las indicadas anteriormente.</p>
<b>Anilinas (Dimetil Dietil Anilina, etc.)</b>	<p>En ocasiones, a fin de acelerar el gelado y curado de las resinas poliéster, se emplean derivados de las anilinas, por ejemplo dimetil anilina que es material clasificado como altamente tóxico y que puede ser absorbido por la piel en el caso de salpicadura, o a través de las vías respiratorias por inhalación de vapores más pesados que el aire, por lo que en este caso se debe utilizar el equipo protector como guantes de vinilo, mascarilla y gafas imperativamente.</p> <p>En caso de salpicaduras, la ropa contaminada debe ser removida inmediatamente y el área contaminada debe lavarse con agua y jabón. Si la intoxicación es grave y el paciente tiene dificultad para respirar, adquiriendo características cianóticas (amoroamiento), debe administrarse oxígeno y bebidas azucaradas (jugo de naranja), no permitiendo la ingestión de bebidas alcohólicas. Si la contaminación es en los ojos, estos deben lavarse inmediata y abundantemente con agua por un periodo mínimo de 15 min. En caso de ingestión debe provocarse el vómito por ejemplo con mostaza y agua o solución tibia de jabón y después hacer un lavado intestinal.</p> <p>Si la contaminación es debida a inhalación de vapores, deben seguirse las instrucciones de absorción a través de la piel. Es importante recordar que nunca deben administrarse líquidos a un paciente inconsciente, esta recomendación se aplica en caso de provocar vómito. La administración de oxígeno y lavados intestinales debe ser efectuados por persona entrenadas y capacitadas. La atención médica es imperativa en estos casos.</p>

Fuente: Resinas Poliéster, Plástico Reforzado, Felipe Parrilla, DCG Lorena Jasso, 14 edición, julio 1998.

### Catalizadores

Los catalizadores empleados con mayor frecuencia en el área de los plásticos reforzados, son el peróxido de metil etil cetona para resinas poliéster y ésteres vinílicos (proceso de curado a temperatura ambiente) y el peróxido de benzoilo cuando el curado de resina poliéster se efectúa a temperaturas mayores de 80°C. Las condiciones de manejo para estos materiales son las siguientes.

---

### Peróxido de Metil Etil Cetona

Este reactivo puro es un compuesto sumamente explosivo, por lo que para su utilización industrial se prepara en soluciones con plastificantes, (generalmente ftalato de dimetilo) obteniéndose un líquido claro, incoloro y que proporciona una mayor seguridad en su manejo. El almacenamiento de este catalizador debe hacerse bajo las siguientes condiciones:

Almacénese en lugares fríos (temperaturas no mayores a los 25°C).

No se exponga directamente a la luz del sol, en caso contrario pueden originarse incendios.

Evítese el contacto con las flamas o fuentes de calor. Aléjese de chispas.

Evítese el contacto con aceleradores, almacénese en lugares separados.

Evítese contaminaciones con materiales metálicos.

Guárdese en envases originales (botellas de polietileno).

Evítese el manejo brusco.

Cuando se emplee equipo de aspersion, éste debe lavarse con metiletilcetona (disolvente), no se emplee acetona para la limpieza del recipiente del equipo (puede formarse una mezcla explosiva).

### Rotar inventario de catalizador.

Siendo el peróxido de Metil Etil Cetona un oxidante energético, durante su manejo se sugiere el empleo de equipo protector (guantes de vinilo, gafas, etc.), y en caso de salpicadura se sugiere lavar la parte afectada con agua y jabón. En algunas ocasiones y si el lavado no se efectúa de una manera inmediata, el área contaminada adquiere un color blanquecino, originado por la difusión y descomposición del peróxido bajo la piel, el colorido desaparece en un tiempo más o menos corto, y la lesión es menos dañina que la causada por ácidos.

Cuando la salpicadura es en ojos, estos se deben lavar con agua y una solución recién preparada de carbonato de sodio al 2% en agua. A continuación se lava con una solución al 10% de ascorbato de sodio en agua, y bajo ninguna condición deben aplicarse aceites o soluciones aceitosas al ojo dañado.

Si por alguna razón se ingiere peróxido de metil cetona, debe inducirse al vómito requiriendo pronta atención médica.

En ciertas aplicaciones (proceso de aspersión) el PMEC puede ser absorbido a través de las vías respiratorias por lo que se sugiere que el área este ventilada y se usen mascarillas protectoras.

Los desperdicios de PMEC deben ser absorbidos por tierra diatomacea y a continuación aplicar un soplete de gasolina o acetileno, otra forma de tratar los desperdicios de PMEC es mediante una hidrólisis química que se completa en aproximadamente 24 hrs., Las bolsas, tela o cartón contaminadas con peróxido pueden incendiarse espontáneamente, esta descomposición dura aproximadamente 24 horas, por lo que se sugiere realizarlo en días no laborales y por mientras se pueden guardar en recipientes cerrados y humedecidos completamente antes de proceder a su destrucción.

#### Peróxido de Benzoilo

Material con apariencia de polvo blanco y granulado, es altamente explosivo cuando se presenta libre de humedad o si la temperatura de almacenamiento es mayor a 75°C. La adición de agua disminuye este riesgo, por lo que la presentación comercial contiene de 25-30% de agua, debiendo tomar precauciones para evitar la evaporación y posible descomposición del material. El almacenamiento y manejo de este material debe efectuarse bajo las siguientes condiciones.

La temperatura de almacenamiento no debe ser mayor a los 25°C.

No se exponga directamente a la luz solar.

Evite el contacto con flamas o fuentes de calor.

Evite el contacto o mezcla con aceleradores.

Evite contaminación con virutas de fierro, cobre u otros metales.

Guárdese en envases originales (recipientes de cartón, de esta forma se disminuye el daño en caso de explosión). Los envases deben estar cerrado para evitar la evaporación del agua.

Evítese el manejo brusco.

### Monómeros reactivos

Son inflamables por lo que su almacenamiento debe efectuarse en lugares bien ventilados y a la temperatura no mayor a los 25°C, evitando la presencia de flamas o chispas.

### Monómero de estireno

Líquido incoloro y con olor característico debe ser almacenado con las condiciones anotadas anteriormente ya que polimeriza rápidamente a temperaturas mayores de 25°C.

El manejo de este material debe efectuarse con equipo apropiado (guantes de hule o vinilo, mascarilla, gafas y botas de hule, ya que el monómero penetra a través de la piel del calzado convencional).

En caso de salpicaduras, el área contaminada debe lavarse con agua y jabón. Si la contaminación es en los ojos, estos deben lavarse inmediatamente con agua por un periodo mínimo de 15 min. En caso de ingestión debe provocarse el vómito por ejemplo con mostaza y agua o solución tibia de jabón y después dar una dosis de leche y huevos crudos.

Si se presenta intoxicación a través de las vías respiratorias, el paciente será trasladado a una sección ventilada, arropado, y debe administrarse oxígeno.

Es importante recordar que nunca deben administrarse líquidos o alimentos a un paciente inconsciente, esta recomendación se aplica al caso de provocar vómito. La administración de oxígeno y lavados intestinales debe ser efectuados por persona entrenadas y capacitadas. La atención médica es imperativa en estos casos.

### Monómeros acrílicos

Materiales empleados con cierta frecuencia, requieren de las mismas medidas precautorias que el estireno, y los primeros auxilios son similares a los del caso anterior.

---

---

## Pigmentos

Estos materiales se emplean generalmente en forma de pastas o dispersiones en plastificantes o resinas poliéster, por lo que prácticamente no representan ningún riesgo especial durante su almacenamiento y manejo, bastando la limpieza de la parte afectada cuando exista contaminación.

## Cargas

Los materiales comúnmente empleados como cargas (Carbonato de calcio, talco, caolín, etc.), no presentan riesgos notables durante su almacenamiento, manejo y transportación. Sin embargo se debe evitar su inhalación con el empleo de filtros adecuados y por ser polvos secos pueden generar estática cuando se sujetan a fracción por mezclado, sugiriéndose un "Aterizado" eléctrico.

## Materiales de refuerzo

El refuerzo tradicional en esta industria es la fibra de vidrio el cual es un material no combustible, para su almacenamiento requiere áreas secas y cubiertas. Por lo que respecta a riesgos para la salud, algunos usuarios presentan irritaciones cutáneas debido al "rose" con el material, siendo prácticamente inocuo en cuanto a toxicología.

En cambio otros refuerzos, (Yute, henequén, sisal, polietileno, dacrón, etc.), son inflamables y al igual que la fibra de vidrio no presenta ningún riesgo especial para la salud.

## Agentes desmoldantes

De acuerdo a las clasificaciones anteriores, los agentes desmoldantes pueden ser soluciones acuosas, en disolventes, ceras y películas. En términos generales las películas, ceras y soluciones son inflamables, por lo que su almacenamiento requiere de áreas cubiertas, ventiladas y aisladas. Referente a riesgos para la salud, éste tipo de materiales puede considerarse inocuo si se toman las precauciones elementales durante su manejo (empleo de guantes, ventilación, etc.).

---

---

## Disolventes

En este tipo de industria es común el empleo de ciertos disolventes para limpieza de equipo y productos terminados. El manejo de disolventes siempre implica riesgo, básicamente por su alta inflamabilidad, por lo que deben ser almacenados en sus envases originales o recipientes de seguridad, en áreas bien ventiladas y en lugares alejados de flamas. Los disolventes empleados con mayor frecuencia en esta industria son la acetona y metil etil cetona.

### Acetona

El menos peligroso de los disolventes volátiles, tiene un punto de ebullición de 56°C y forma mezclas explosivas con el aire. Por lo que respecta a sus características fisiológicas, no se conocen efectos crónicos, y en el caso de contacto con la piel, el área contaminada debe lavarse con agua y jabón, (un contacto prolongado puede ocasionar resequedad e irritación de la piel). Si existen salpicaduras en los ojos, es necesario un lavado prolongado con agua tibia. En caso de intoxicación por ingestión, debe inducirse al vómito. Si la intoxicación es a través de las vías respiratorias y se han producido efectos anestésicos, el paciente debe ser trasladado a un lugar ventilado, siendo necesario en algunos casos la aplicación de respiración artificial.

### Metil Etil Cetona

Disolvente empleado en la limpieza de equipo, tiene un punto de ebullición de 80°C y sus vapores son 2.5 veces más densos que el aire. Este disolvente es altamente inflamable y forma mezclas explosivas con aire, por lo que no debe permitirse una concentración excesiva de sus vapores, (la concentración máxima debe ser de 200 ppm). Por lo que respecta a sus características fisiológicas y medidas de primeros auxilios, son iguales a las indicadas para la acetona.

## Resina Curada

La resina curada es prácticamente inocua, es decir no produce intoxicaciones. Sin embargo, el polvo desprendido durante algunos procesos de maquinado puede ocasionar problemas en la vías respiratorias, por lo que se sugiere el empleo de mascarilla y una buena ventilación.

Para el manejo de la resina curada deben tomarse las reglas que se han mencionado en este capítulo y aplicarse como la ventilación adecuado, usar ropa de algodón, etc., además conviene recordar que se debe ser cuidadoso.

## 5.2 **NORMATIVIDAD**

### 5.2.1 **ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA PRODUCTIVA**

Dentro de la organización y la estructura productiva se mencionan los siguientes objetivos:

Organizar presentaciones en conjunto de los productos terminados de P.R.F.V. en todas las ferias del país.

Elaborar y poner en marcha la participación de todas las empresas productoras de materias primas para apoyar a los transformadores con precios competitivos y reales.

Difundir instrumentos técnicos y metodológicos para medir, diagnosticar, mejorar la productividad y la calidad en las empresas.

Desarrollar o gestionar, en su caso la presentación de servicios de información y asistencia técnica para el establecimiento de programas particulares de mejoramiento de la productividad en cada empresa del P.R.F.V.

Presentar estudio que detalle los problemas de desabasto de las materias primas para no ocasionar incrementos en el producto terminado.

Desarrollar un estudio que permita analizar el problema a lo largo de la cadena productiva que considere tanto los problemas de las materias primas principalmente aquellas que forman parte importante en la producción de productos terminados a fin de presentar soluciones integrales que fortalezcan a toda la cadena.

Promover la formación e integración de empresas micro y pequeñas del sector.

Promover fusión de empresas, alianzas estratégicas y operación en común.

### 5.2.2 ARANCELES

Se deben presentar propuestas para el cobro adecuado de aranceles y manejo de los mismos, así como la sustitución de importaciones mediante fabricación nacional.

### 5.2.3 PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

La industria del P.R.F.V. Resinas acusa índices de productividad relativamente bajos al compararlos con los estándares internacionales, debido al rezago tecnológico del sector principalmente, además del desconocimiento de este rubro.

La calidad del P.R.F.V. Resinas en México es buena en general aunque a veces resulta baja por falta de aplicación de estándares requeridos en la aplicación de producto final.

### COMERCIO EXTERIOR Y PRACTICAS DESLEALES

El desconocimiento de los mercados externos y la falta de competitividad son factores que limitan la actividad exportadora.

La falta de acceso a información oportuna en materia de importaciones no ha permitido a la industria del P.R.F.V. Resinas detectar y evitar a tiempo prácticas desleales de comercio.

---

#### 5.2.4 *NORMATIVIDAD*

Una parte importante del crecimiento registrado en las importaciones de productos de P.R.F.V. Resinas terminado corresponde a no tener una norma nacional en el P.R.F.V. Resinas, ocasionando un desplazamiento de la producción nacional.

Como no existe una normatividad específica para el plástico reforzado con fibra de vidrio en México ni en el extranjero, el productor de P.R.F.V. Resinas tiene la necesidad de adecuar su producto cumpliendo con las normas existentes para productos finales. Es decir si con el P.R.F.V. Resinas producido se construirá una rejilla tipo irving se aplicarán las normas y códigos que aplican a las rejillas irving construidas en otros materiales.

#### COMERCIALIZACIÓN

Es necesario crear un mercado con una adecuada y extensa promoción para incrementar la presencia en el mercado interno y externo.

Algunas entidades públicas representan un mercado potencial importante, sin embargo no se han realizado acciones de promoción comercial adecuada por parte del sector del P.R.F.V. Resinas, para participar más activamente en dicho mercado.

#### 5.2.5 *LEGISLACIÓN DEL PLÁSTICO REFORZADO*

Una legislación para P.R.F.V. Resinas no la hay pero si se adopta la legislación por emisión de polímeros.

##### 5.2.5.1 *LEGISLACIÓN DE POLÍMEROS*

###### Emisiones de estireno

La legislación actual con respecto a los polímeros establece los límites permisibles de expulsión en concentración de monómero de estireno a la atmósfera en el lugar de trabajo por ciertos periodos de tiempo.

La legislación es muy específica y depende mucho del país donde se aplique. Por ejemplo en los Estados Unidos de América el monitoreo del estireno esta a cargo de la EPA (Environmental Protection Agency) y por la OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

En Canadá se considera desde 1994 al estireno como no tóxico y por tanto no requiere regulación bajo la legislación de Canadian Environmental Protection Act.

En tiempos actuales se a tratado de uniformizar las regulaciones sobre el monómero de estireno. La siguiente tabla muestra los límites para la emisión de estireno como monómero para varios países europeos y para los Estados Unidos de América. Los límites están expresados en ppm (partes por millón) además de aparecer en dos niveles que son los generalmente usados; tiempo- peso promedio durante 8 horas de trabajo al día (TWA) y límite de período corto de exposición (STEL).

Muchos países están cambiando todavía su legislación, por tanto se hacen algunas notas (Tabla 38).

Tabla 38 Límites para la emisión de estireno como monómero para varios países europeos y para los Estados Unidos de América.

\*Límites máximos.

°Límites recientes tomados en junio de 1996.

°Nuevas instalaciones muestran un límite de 10 ppm.

°Límite máximo de exposición, obligado a reducir como sea posible.

°Límite promedio, variando de estado a estado.

N.D. No disponible.

PAIS	8 h TWA ppm	STEL ppm (TIEMPO)
Austria	40	40( 30 min)
Bélgica	50	100 (15 min)
Dinamarca	25 <sup>a</sup>	N.D.
Finlandia	20	100 (15 min)
Francia	50	N.D.
Alemania	20	40 (30 min)
Italia	50	100 (15 min)
Luxemburgo	20	40 (30 min)
España	50	100 (15 min)
Estados Unidos	50 <sup>°</sup>	100 (15 min)
Suecia	20 <sup>°</sup>	50 (15 min)
Suiza	50	100 (4x10 min)
Noruega	25	37.5 (15 min)
Holanda	25 <sup>b</sup>	

Fuente: Composites Desig & Application, The Source for Solutions and Technology, Summer 1996.

## 5.2.5.2 NORMAS Y CODIGOS DEPENDIENDO DE SU USO

## 5.2.5.2.1 SECTOR PARA TUBERIAS

Tabla 39 Normas y Códigos para tuberías.

<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers	Selección de criterios de diseño.
<b>ANSI</b>	American National Standards Institute	Espesores y dimensiones de accesorios para tuberías.
<b>ASTM</b>	American Society for testing and materials	Especificación de materiales y métodos de prueba.
<b>API</b>	AMERICAN Petroleum Institute	Tubería para gas.
<b>NEMA</b>	National Electrical Manufacturers Association	Ductos
<b>AWWA</b>	American Water Works Association	Estandares para el manejo del agua.

Fuente: Standard Handbook of Plant Engineering, 1995, U.S.A.

## 5.2.5.2.2 SOPORTES

Cuando se define que el plástico reforzado es el material más adecuado en la fabricación de soportes se debe tener cuidado para manejar las normas y códigos siguientes.

Tabla 40 Normas y Códigos para soportes.

<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers	Esfuerzos y características.
<b>ASTM</b>	American Society for testing and materials	Materiales.
<b>NAAMM</b>	National Association of Architectural Metal Manufactures	Fabricación

Fuente: Standard Handbook of Plant Engineering, 1995, U.S.A.

## 5.2.5.2.3 TANQUES

Por su parte, los tanques de reactivos químicos serán fabricados bajo la norma ASTM A36 o bien otras normas que apliquen.

## 5.3 INTRODUCCIÓN A LA SERIE DE NORMAS ISO 9000

La calidad es un factor estratégico para la competitividad de las empresas, incidiendo directamente en los costos, en la estrategia empresarial, en los recursos humanos y en el cliente.

Debido a esto la administración por la calidad ha alcanzado una dimensión de totalidad que implica la participación general del personal de la empresa, cualquiera que sea su nivel, y que pone el énfasis en la satisfacción del cliente y la mejora continua.

Cada organización como proveedor de productos o servicios tiene cinco grupos principales de participantes: sus clientes, sus empleados, sus accionistas, sus proveedores y la sociedad.

Cada uno de estos participantes tiene sus propias expectativas o necesidades, por ejemplo, los clientes quieren calidad en el producto o servicio, los empleados satisfacción en el trabajo o carrera, los accionistas un desempeño adecuado de su inversión, los proveedores una oportunidad continua de negocio y por último la sociedad espera una operación responsable.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente una organización debe, como objetivos y responsabilidades claves para la calidad:

Lograr, mantener y buscar la mejora continua de la calidad de sus productos en relación con los requerimientos para calidad.

Mejorar la calidad de su operación, para cumplir continuamente con las necesidades declaradas o implícitas de sus clientes y otros participantes.

Proveer la confianza a su gerencia interna, además de que los empleados sepan que los requerimientos para la calidad están siendo cumplidos y mantenidos.

Alcanzar la confianza a los clientes y otros participantes que los requerimientos para la calidad están siendo o serán cumplidos en los productos o servicios entregados.

Proveer la confianza de que los requerimientos del sistema de calidad son cumplidos resulta cuando un producto o servicio satisface las necesidades y expectativas del cliente o usuario, en función de parámetros como:

---

1. Seguridad que el producto o servicio confieren al cliente.
2. Fiabilidad o capacidad que tiene el servicio o producto para cumplir las funciones especificadas, sin fallo y por un período determinado de tiempo.
3. Servicio o medida en que el fabricante y distribuidor responden en caso de fallo del producto o servicio. Las normas ISO 8402:1994 Vocabulario define calidad como el "conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del usuario o cliente".

La competencia en el seno del mercado es un factor determinante para lograr la calidad. Ningún otro factor se ha mostrado capaz de sustituirle eficazmente.

La cuestión medular a la que se enfrentan muchas empresas, es cómo sobrevivir y prosperar en mercados donde la competitividad calidad / costo significan éxito o fracaso.

Un sistema de administración por calidad forma parte de las prácticas de gestión exitosa de todo negocio. Es obvio que ello requiere técnicas especializadas y sobre todo una perseverancia interminable.

Desde hace varias décadas existe un interés creciente por encontrar vías para que los consumidores de bienes y servicios puedan sentirse más cómodos en lo referente a los sistemas de aseguramiento de la calidad utilizados por sus proveedores.

Como resultado, los grandes compradores comenzaron a especificar sus normas de aseguramiento de la calidad en contratos con sus proveedores, no sólo se pusieron de acuerdo en las condiciones, precio, calidad y distribución sobre el prototipo sino también en las condiciones de producción a menudo en el control de los productos que hablan de ser comprados.

Estas políticas de compra parecían funcionar bien, sin embargo después de un tiempo comenzaron a surgir algunas deficiencias. Por ejemplo, algunas veces se descubría que un proveedor debía llevar a cabo varios sistemas de aseguramiento de calidad diferentes y adoptar numerosas visitas de inspección de sus

---

operaciones de producción en función de satisfacer a varios clientes diferentes. Esto encarecía los costos más que la calidad y se comienza a preguntar por qué no se desarrolla una norma de aseguramiento de calidad que puesta en práctica satisfaga a todos sus usuarios.

Haciendo un breve repaso histórico del desarrollo de la normativa, se recordará que el desarrollo industrial que tuvo lugar en la II Guerra Mundial produjo un aumento considerable en la complejidad de productos y procesos, que fue mucho más significativo en los Estados Unidos. A consecuencia de esto, los americanos trataron de estandarizar la calidad y desarrollaron la norma MIL-Q-9858 que recoge las especificaciones de un sistema de calidad, I la MIL-I-45208 que establece los requisitos de un sistema de inspección.

Estas normas fueron la base para una serie de 3 normas desarrolladas para su uso por la OTAN, conocidas como Allied Quality Assurance Publications (AQQP) 1, 4 y 9. Las AQAP fueron adoptadas por algunos países, mientras otros desarrollaron su propia.

Normativa, los ingleses con la norma BS 5750 (1979).

Más tarde en 1987, la organización Internacional para la Estandarización produjo las normas ISO 9000, ISO 9001; ISO 9002 e ISO 90003 , que fueron adoptadas por el Mercado Común Europeo.

A partir del momento en que se hace necesario el uso de especificaciones, se pueden reconocer cuatro facetas clave que contribuyen a la calidad del producto:

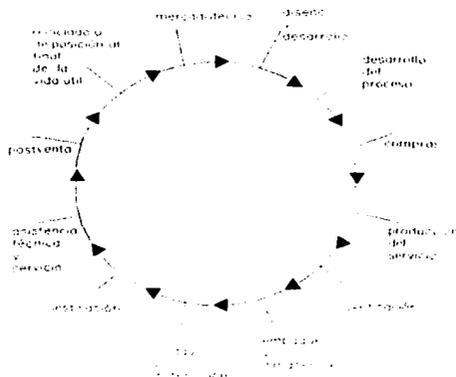
Calidad debida a la definición de necesidades para el producto. Esta primera faceta es calidad debida a la definición y actualización del producto, para cumplir con las oportunidades y requerimientos del mercado.

Calidad debida al diseño del producto. En esta faceta la calidad es debida al diseño en el producto de las características que permiten cumplir con los requerimientos y oportunidades del mercado y agregan valor para los clientes y otros participantes.

Calidad debida a como está conformado el diseño del producto. La tercera faceta es la calidad debida a mantener una consistencia día a día en la fabricación conforme a lo establecido en el diseño del producto.

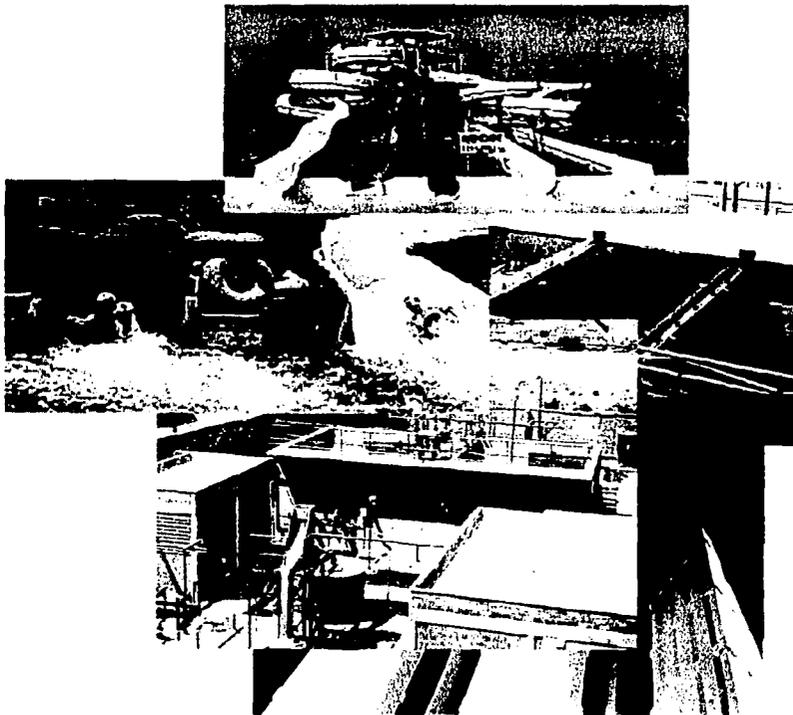
Calidad debida al soporte del producto Esta última faceta es calidad debida a proveer apoyo a través del ciclo de vida del producto, como sea necesario, y de esta manera mantener las características del diseño y el valor para los clientes y otros participantes.

Figura 6. Fases de vida de un producto.



Fuente: Notiplus, No. 2, julio-agosto 1996.

# EJEMPLOS DE APLICACIONES



TESIS CO  
FALLA DE ORIGEN

124-152

---

## 6 EJEMPLOS DE APLICACIONES

Como se ha mencionado el uso del plástico reforzado con fibra de vidrio (P.R.F.V.) Resinas ha mostrado un crecimiento acelerado debido a sus bondades exitosas, en este capítulo se estudian ejemplos de aplicación dentro de procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales así como en balnearios ya que se han encontrado problemas ocasionados por el uso de materiales convencionales como el acero que pueden solucionarse por la sustitución con plásticos reforzados. Cabe señalar que por la cercanía que se tiene a estos procesos se escogieron como ejemplos pero es claro que existen muchos otros en diferentes áreas.

En el área de tratamientos de aguas residuales es de suma importancia buscar el uso de materiales baratos y efectivos en cuanto a su inversión y mantenimiento ya que se ha mostrado que el costo de construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es el punto clave para que las industrias traten su agua y así disminuir la contaminación de la misma, generalmente la visión del empresario para depurar el agua es únicamente la de cumplir con una norma para evitar multas por tanto construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la ven como una mala inversión. Es aquí donde reducir costos en cualquier sección del proceso es importante lo cual puede ocurrir con el uso de los plásticos reforzados.

Es bueno saber que el uso adecuado del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas se origina desde la selección de fibra de vidrio, resina y aditivos de la misma hasta el proceso de fabricación y como se desarrolle. Dentro de la aplicación el mantenimiento preventivo que es casi nulo dependiendo del medio al que esta expuesto el plástico reforzado debe ser consistente.

Dentro de los balnearios se ven grandes problemas de corrosión principalmente, esto se puede evitar con el uso de plásticos reforzados.

El objetivo que se busca en este capítulo es mostrar usos reales del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas que se han propuesto y se han llevado a cabo con éxito aunque pueden mejorarse.

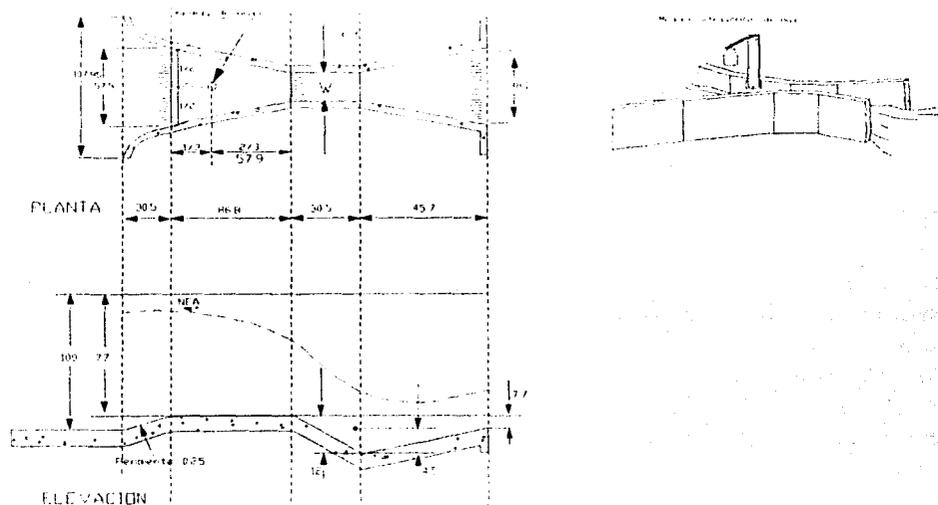
6.1 USOS ESPECÍFICOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

6.1.1 CANAL PARSHALL

**Problemática**

El canal parshall como canal de medición es probable que represente un problema al construirlo por la precisión que debe tener en su acabado además de sus formas caprichosas requeridas como se puede ver en la figura 7. Por tanto un problema común es la medición de flujo errónea por medición de niveles también equivocada.

Figura 7. Canal Parshall



El material común de construcción de este canal en el concreto armado por su bajo costo principalmente.

**Condiciones de operación del sistema propuesto**

Tipo de agua en el canal: Aguas residuales municipales.  
 Temperatura del agua: 18°C  
 Ubicación en el tren de tratamiento: Tratamiento terciario.

**Sustitución del concreto armado por P.R.F.V. Resinas**

Como se ha mencionado el P.R.F.V. Resinas es muy fácil de trabajar, hasta cierto punto es artesanal por tanto se puede lograr una mejor precisión que la del concreto armado, cabe mencionar que esto depende en gran parte del moldeador. Con respecto a las condiciones de operación a las que estaría expuesto el canal sólo se necesita resistencia mecánica y resistencia a los rayos U.V., por tanto una resina adecuada es la resina ortoftálica o de uso común con aditivos contra los rayos U.V. como absorbedores de rayos U.V.

Otro aspecto muy importante es el costo por tanto a continuación se analizan costos con la facilidad para la construcción de los materiales más comunes utilizados en la construcción del canal Parshall (**Tabla 41**).

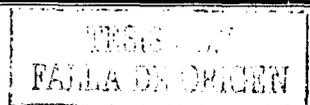
**Tabla 41 Diferentes materiales utilizados para la construcción del Canal Parshall.**

\*El Costo en pesos mexicanos, para febrero del 2000

MATERIAL	ESPESOR ( cm )	PESO ( kg )	TIEMPO DE VIDA UTIL (AÑOS)	FABRICACION	COSTO (\$)	COSTO (%)
Concreto armado	15	1610	5	difícil	4,232.00	43
Concreto con acero inoxidable	15.3	1616	15	muy difícil	14,232.00	144
Acero inoxidable	0.3	255	15	difícil	9,900.00	100
Acero al carbón	0.3	240	10 (mant. cont.)	difícil	4,850.00	49
Acero al carbón/resina	0.6	246	15	difícil	5,636	57
Plástico reforzado	0.6	52.3	15	fácil	8,540.00	86

Fuente: Costos por proveedores, diseño propio.

En la tabla anterior se puede observar que **el uso del plástico reforzado es muy atractivo ya que no es el más costoso y si uno de los dos que ofrecen una muy buena precisión** y es también uno de los más fáciles de construir.



---

Es conveniente mencionar que cuando se empezó a estudiar este caso no se tenía alguna referencia que se encontraba ya este producto en el mercado, sin embargo el año pasado se tuvo contacto con un proveedor que maneja ya la construcción en serie de estos canales en Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas.

### 6.1.2 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE BIOGAS

#### **Campanas de recolección de biogas en un reactor anaerobio de flujo ascendente y lecho de lodos (UASB, upflow anaerobic sludge blanket, sus siglas en inglés)**

Estas campanas juegan un papel importante en la recolección del biogas dentro del reactor y dependiendo del tipo de agua residual que se trate el biogas producto de reacción anaerobia puede contener  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$  y algunos otros en trazas. Por lo tanto para seleccionar el tipo de material para el sistema de recolección del biogas es importante considerar que el biogas húmedo es corrosivo y aún más con  $\text{H}_2\text{S}$ .

#### **Problemática**

El uso de estas campanas de biogas puede traer como consecuencia diversos problemas desde la construcción por que tengan una longitud grande, en su colocación por tamaño y peso, todo esto trae como consecuencia un alto costo comparado con el material propuesto en este trabajo.

#### **Condiciones del sistema propuesto**

Se propone el uso del P.R.F.V. Resinas en el sistema de recolección de un reactor anaerobio tipo UASB en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales provenientes de una cervecera.

Tipo de agua:	Residuales Industriales
Posición en el reactor:	Sumergidas en el agua
Producción de biogas:	Uniforme y con trazas de $\text{H}_2\text{S}$ .
Presión de operación:	La que causa la columna de agua (40 cm)
Condiciones de pH:	6.8-7.8

## Planteamiento

Las condiciones de operación a las cuales estarán sometidas las campanas, se toma como mayor presión la causada por la inmersión de la campana, ya que el biogás no ejercerá una mayor presión, la producción de este será continua mientras el sistema este estable lo cual se ve favorecido por que el agua contiene una alta capacidad buffer<sup>(1)</sup>.

Como en este caso el biogás se considera no muy corrosivo, se requiere una resina que proporcione resistencia a la corrosión y una resistencia buena mecánica, por tanto se usará una resina bisfenólica en la elaboración de las campanas. A continuación en la tabla 42 se analizan opciones de campanas con diferente material de construcción.

**Tabla 42 Diferentes materiales utilizados para la construcción de campanas de recolección de biogás.**

\*El Costo en pesos mexicanos, para febrero del 2000

MATERIAL	ESPESOR (cm)	PESO (kg)	CORROSION	TIEMPO DE VIDA UTIL (AÑOS)	FABRICACION	COSTO (\$)	COSTO (%)
Concreto	15	755.8	Se desgasta	5(mantenimiento cont.)	Difícil	4132.00	72.97
Concreto / recubrimiento con resina y fibra de vidrio.	15.3	756.89	no	10 (mantenimeinto)	Difícil	4550.00	80.36
Acero inoxidable 304	0.3	119.74	no	10	Difícil	5662.00	100
Acero al carbón	0.3	112.68	si	10 (mantenimiento. cont.)	Difícil	4850.00	85.65
Acero al carbón / recubrimiento con resina y fibra de vidrio.	0.4	113.68	no	10	Difícil	5470.00	96.6
P.R.F.V. Resinas	0.3	32.87	no	10	Fácil	2251.00	39.75

Fuente: Costos por Proveedores, diseño propio. El análisis se realizo para una campana con dimensiones de longitud de 3.35m, base de 0.70m y altura de 0.60m (4.69m<sup>2</sup>)

(1) Se toma como capacidad buffer en el reactor anaerobio a la resistencia que tiene el agua para cambiar de pH y por tanto volverse inestable el sistema.

### Comentarios

Para la construcción de las campanas de recolección de biogás, es de mucha importancia el uso del P.R.F.V. Resinas, por su ligereza, su nula corrosión con el biogás, pero también su facilidad de construcción y colocación. En el caso planteado se realizó la construcción de las campanas en P.R.F.V. Resinas y a la fecha se ha observado su buen funcionamiento, además se obtuvo un ahorro importante en el costo.

En las siguientes figuras se observan campanas de P.R.F.V. Resinas ya en aplicación, en las cuales se ven los refuerzos del mismo material son diferentes, esto nos da la idea que podemos diseñar las campanas como mejor convenga.

Sistema de canaletas para recolección de biogás en un reactor anaerobio, en Temuco Chile.



Sistema de canaletas para recolección de biogás en un reactor anaerobio, en Villa Victoria Estado de México.

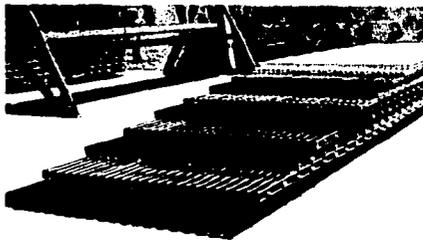
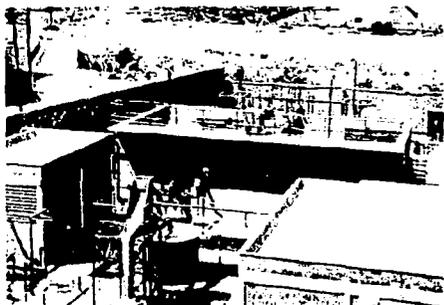


### 6.1.3 REJILLAS

Entre otros usos dentro de la Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, encontramos rejillas para pasillos, pasos de gato, escalones, protección de equipo, estructuras de soporte, entre otros.

En la siguiente figura se muestra la rejilla para pasillos.

Rejilla de P.R.F.V. Resinas



En este tipo de procesos, la corrosión tiene un peso muy importante ya que al hablar de una rejilla para soporte de empaque, se considera un ambiente bastante corrosivo, por tanto también es muy considerable el costo de mantenimiento para la selección del material de dicha rejilla, otra consideración es el peso y de ahí la forma de soportarla. Generalmente se usa la rejilla tipo metálica de acabado negro liso o galvanizada por bajo costo de inversión inicial, pero si se analiza detalladamente el costo de mantenimiento a través del tiempo, el costo de la rejilla tipo en P.R.F.V. Resinas, se hace más atractivo, además que el peso es muy importante y favorece su ligereza. A continuación se comparan los costos de inversión a sí como costos de mantenimiento en diferentes tipos de rejilla que pueden ocuparse como medio de soporte de un empaque plástico dentro de un reactor anaerobio.

**Tabla 43 Diferentes materiales utilizados para la construcción de un pasillo con tráfico de personas.**

\*El Costo es para marzo del 2002

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN (pulgadas)	PESO (kg/m <sup>2</sup> )	CORROSION	INVERSIÓN INICIAL ( \$ )	MANTENIMIENTO ANUAL ( \$ )	COSTO TOTAL ( \$ )	COSTO (%)
Acabado negro liso	1 (1/8 X 1)	27.15	SI	293.63	400 (3 veces)	693.63	270
Galvanizada	1 (1/8 X 1)	27.15	SI	358.63	no	258.63	100
Acero inoxidable 304	1 (1/8 X 1)	27.15	No	1728.00	no	1728.00	668
P.R.F.V. Pultruida s/a	1(1/4 X 1)	13.4	No	736.00	no	624.00	241

Fuente: Costos y diseño por proveedores. El análisis se realizó por metro cuadrado de rejilla metálica con un peralte de 1", espesor de 1/8" y rejilla de P.R.F.V. Resinas con un peralte de 1" y espesor de 1/4"

Un punto muy importante es el costo de la colocación ya que entre más pesada es más costosa la soportería de la rejilla.

Como se analiza en la tabla podemos resumir que:

- Debido al costo conviene usar rejilla galvanizada
- En el caso de la corrosión se puede usar la de acero inoxidable o P.R.F.V. Resinas
- Por su ligereza es conveniente emplear la rejilla de P.R.F.V. Resinas.

También debe analizarse la operación del reactor ya que tiene una área de tubos distribuidores de flujo por lo tanto una vez colocada la rejilla es mucho mejor no moverla para darle mantenimiento ya que resulta casi imposible desmontar los accesorios del reactor, además esto significa un costo mayor.

Así se resume que la rejilla más apropiada para usarla como soporte del medio de empaque en un reactor anaerobio es la de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas por sus bondades como son; su ligereza, su característica anticorrosiva, su nulo mantenimiento y mediano costo de inversión.

Como el uso del plástico reforzado es muy específico se debe tener mucho cuidado en la selección de la aplicación de la rejilla de este material ya que una mala selección se traduce a un mal uso.

Dentro de las rejillas plásticas más comunes se tienen las siguientes formulaciones.

**Tabla 44 Rejillas plásticas más comunes.**

Nota. Esta información proporcionada por Fypre, S.A. de C.V.

TIPO DE RESINA	FÓRMULACIÓN	VENTAJAS	USO	EJEMPLO
R. ISOFTÁLICA	La formulación es a base de una resina poliéster no retardante al fuego.	Extraordinaria resistencia mecánica, resistencia contra rayos UV del sol.	En ambientes corrosivos con mayor resistencia que el acero común.	Como medio de soporte de empaque, sumergido en agua dentro de un reactor.
R. HETRON	La formulación es una resina poliéster con retardante al fuego.	Resistencia mecánica, resistencia a los rayos UV del sol y resistencia corrosiva.	En ambientes corrosivos y con peligro de fuego.	Como paso de gato arriba de un reactor anaerobio.
R. VINILÉSTER	La formulación es una resina viniléster con retardante al fuego.	Muy buena resistencia mecánica, resistencia al fuego.	Ambientes con ácidos cáusticos y ambientes con elevados contenidos de ácidos.	Como pasillo en el área de preparación de reactivo ácidos.

Fuente: Catálogo de proveedores de resinas.

Otros aspectos que deben tomarse en cuenta para la selección son el tipo de fabricación de la rejilla, ya que puede ser moldeada o Pultruida, y sus claros y dimensiones porque dependiendo de esto serán las cargas permisibles. Para fines de facilidad existen tablas que proporcionan los proveedores para una buena selección de rejilla de P.R.F.V. Resinas

#### 6.1.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DE REACCIÓN

Para la fabricación de tanque de almacenamiento y tanque de reacción en algunos casos específicos es muy importante el uso del Plástico Reforzado con F. De V. (P.R.F.V.) Resinas, por ejemplo en almacenamiento de soluciones de sosa, ácido sulfúrico, entre otros. Una de las ventajas favorables del P.R.F.V. es el que se le puedan agregar aditivos para darle o enfatizar las características requeridas en cada caso específico, es bueno notar que al incrementar el número de aditivos, su costo aumenta pero sin llegar al del acero inoxidable que podría ser su rival en algunos casos.

Tanque de P.R.F.V. Resinas para almacenamiento de sosa



### 6.1.5 RECUBRIMIENTO DE TANQUES Y REACTORES

El recubrimiento es muy importante cuando es requerido en el reactor o tanque y una forma muy adecuada de hacerlo es con P.R.F.V. (Resinas), a continuación se describe un procedimiento para el recubrimiento para la cámara de biogás en un reactor de tipo anaerobio.

A.- Analizar el medio con el que va a estar en contacto el recubrimiento:

- Agua con material orgánico en reacción, pH 6.8-7.5.
- Biogás (CH<sub>4</sub> 65%, CO<sub>2</sub> 34%, H<sub>2</sub>O y trazas de H<sub>2</sub>S)

B.- Se selecciona la resina y aditamentos:

Resina alta resistencia química preacelerada

monómero estireno

cobalto (acelerador)

catalizador

colchoneta de fibra de vidrio

velo de fibra de vidrio

C.- Preparación del recubrimiento:

- La resina de alta resistencia química, se diluye con monómero de estireno al 20%.
- Se agregan 5 g de cobalto por cada kg de la mezcla anterior.
- Se agrega el catalizador 1ml por cada gramo de la mezcla.
- Se aplican tres capas; impregnando cada una de ellas con resina de alta resistencia

Para medir la cantidad que se usará de recubrimiento se toma una relación por metro cuadrado de superficie a cubrir un kilo de resina.

## 6.2 APLICACIONES DEL P.R.F.V. RESINAS EN PARQUES ACUÁTICOS

### 6.2.1 REJILLA DE P.R.F.V. RESINAS EN PARQUES ACUÁTICOS.

Generalmente, se utiliza material metálico en bañerios y parques acuáticos mismo que es utilizado en pasamanos, juegos, estructuras de Toboganes, Rejilla para Canal de Recuperación de Agua en Orilla de albercas, coladeras de dren, etc., teniendo contacto muchos de estos con aguas cloradas, azufradas, etc. Mismas que provocan Oxidación o Corrosión debida a la reacción de los químicos con el metal, circunstancia que hace poco práctico el uso de los productos metálicos.

Antes de tomar la decisión de usar productos metálicos, deben considerarse los beneficios que representan los Perfiles y Rejillas de PRFV que siendo sometidos a condiciones extremas de Corrosión, además de tener la Resistencia y la Seguridad del Metal, su Costo de Instalación es menor que el de las Rejillas y Perfiles de Acero Galvanizado, aunado a que tienen excelente resistencia al Impacto, no se deforman permanentemente, debido a que tienen memoria propia (después de ser sometidos a grandes esfuerzos, regresan a su estado original).

El P.R.F.V. Resinas en bañerios



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

OTROS	Plástico Reforzado con F. de V. (PRFV) Resinas
Hastelloy	Menor Costo, Menor Peso, Translucidez, Rápida Reparación, Bajo Costo de Instalación, Mayor Versatilidad de Diseño
Acero Inoxidable	Menor costo, Menor Peso, Translucidez, Mayor Versatilidad de Diseño, Bajo Costo de Transportación, Menor Tiempo de Instalación
Acero al Carbón	Superior Resistencia a la Corrosión, Mayor Duración, Mantenimiento Mínimo, Menor Peso.
Aluminio	Mayor Resistencia al Impacto, Bajo Costo, Versatilidad de Diseño, Superior Resistencia a la Corrosión, Mayor Resistencia Mecánica, Mayor Resistencia al Intemperismo
Plásticos No Reforzados	Mayor Duración, Mayor Resistencia al Impacto, Compatibilidad con otros materiales, Espesores más delgados con Mayor Resistencia Mecánica, Alta resistencia Química.

Material	Peralte	Espesor	Costo/ m2
Rejilla Pultruida Serie F-250 AN de P.R.F.V. Resinas	1"	½"	\$ 775.40
Rejilla Pultruida Serie F-250 A2S de P.R.F.V. Resinas (Usada en Parques Acuáticos)	1"	½"	\$1,553.30
Rejilla Irving Galvanizada	1"	1/8"	\$ 270.00

### 6.3 EJEMPLO DE PRODUCTOS DE P.R.F.V. RESINAS PARA ORNAMENTO

#### 6.3.1 PRODUCTOS APARIENCIA MADERA

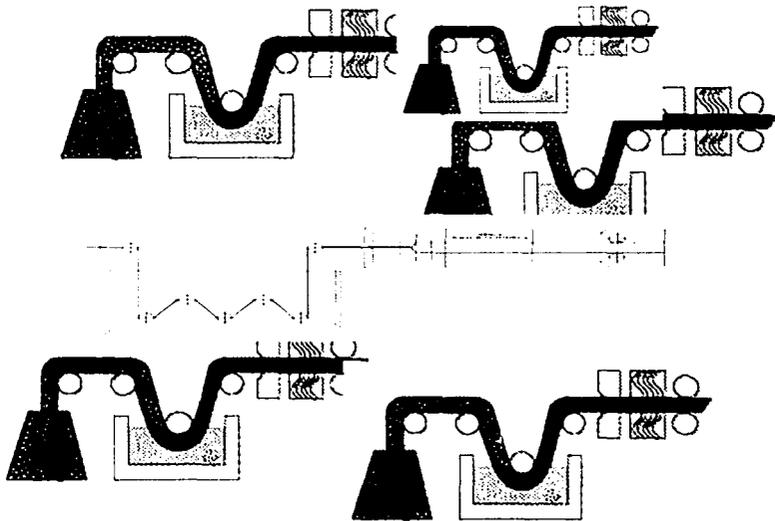
Uno de los materiales más apreciados en la decoración es la madera, refiriéndonos a ejemplos como caoba, pino, oyamel, entre otros, se ha convertido en material costoso por la dificultad de su obtención y mantenimiento. Como respuesta a esto ha surgido el P.R.F.V. Resinas con apariencia madera como alternativa de sustitución.

Algunas ventajas del P.R.F.V. Resinas con apariencia madera, es su ligereza, fácil transportación, bajo peso, largo tiempo de vida útil, bajo costo y lo importante es ayudar a evitar la deforestación excesiva. Por ejemplo, al adoptar los compuestos de P.R.F.V. Resinas, la industria de las lanchas ha dejado intactas miles de hectáreas de árboles, en especial de teca, caoba y otras maderas especializadas de las selvas pluviales.

### 6.3.2 *PRODUCTOS APARIENCIA ROCA Y PIEDRA*

La más grande ventaja que ofrece el P.R.F.V. Resinas con apariencia roca y piedra es el peso ligero y por tanto la fácil transportación e instalación que conlleva a reducir costos.

# PULTRUSION

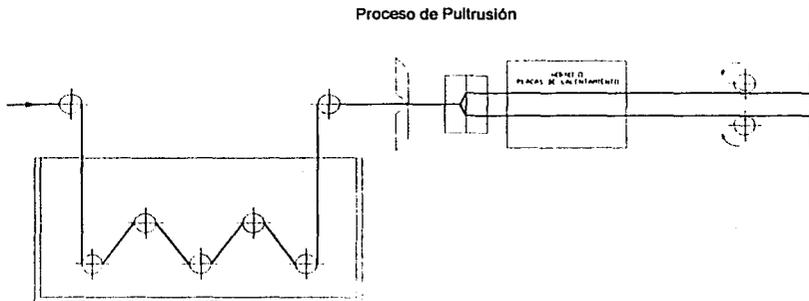


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7 PULTRUSION

### 7.1 PULTRUSION, COMO PROCESO DE FABRICACIÓN CONTINUA

Durante la Década pasada, el Proceso de Pultrusión surge como un gran Desarrollo de Ingeniería, teniendo la capacidad de producir formas complejas Pultruidas de P.R.F.V. Resinas, de la más Alta Calidad, que han contribuido a solucionar gran parte de los viejos y modernos problemas de sustitución a los que se enfrenta la Industria en General por sus características de Alta Resistencia Mecánica, Alta Resistencia Química, Peso Ligero y Libres de Mantenimiento.



#### 7.1.1 SISTEMA DE FABRICACIÓN:

Pultrusión, es el Sistema más avanzado de Ingeniería en el PRFV, filamentos de Fibra de Vidrio Unidireccionales, Petatillo Bidireccional, Colchoneta Multidireccional y Velo ( C ), son impregnados con Resinas a Temperatura Controlada, comprimiendo los materiales mezclados a Alta Presión, con este

Sistema Automático de Producción continua sin limitantes de largos y la Selección adecuada de las materias primas para cada necesidad, se producen perfiles de la más Alta Calidad Nacional e Internacional.

#### **7.1.2 APLICACIÓN:**

Por sus resultados óptimos, los perfiles Pultruidos han incrementado su uso en la Industria, incluyendo la automotriz, Alimenticia, Eléctrica, Farmacéutica, Petroquímica, de Pulpa y del Papel, Perfumería, Marina, Minera, Textil, Galvanoplastia, Electrolítica, Transportación, Química, Refinería, Tratamiento de Aguas Residuales y muchas más.

Las Aplicaciones, varían por el desarrollo de Nuevos Resultados de alto Funcionamiento, desde coches para la Industria Automotriz, hasta la producción de Vigas Estructurales de Alto Rendimiento, Canales "U", Cuadrados Huecos y sólidos, Redondos Huecos y sólidos, ángulos, Placas, Rejillas, Charolas Portables Eléctricas, todos resistentes a la Corrosión en altas Temperaturas.

#### **7.1.3 VENTAJAS DEL PROCESO:**

El Proceso de Pultrusión, proporciona Máxima Flexibilidad en el Diseño de Perfiles Pultruidos con P.R.F.V. Resinas, piezas de 60" de Ancho y 12" de Alto, son posibles y siendo el Proceso Continuo, las variaciones de Largos son limitadas solo por las Capacidades de Embarque.

#### **7.1.4 MATERIAS PRIMAS:**

En el Proceso de Pultrusión son utilizados diversos tipos de resinas, en donde las más comúnmente utilizadas son:

Tabla 45 Tipos de resinas y sus características.

Tipo de Resina	Características
R. Isoftálica	Moderada resistencia Química, sin Retardancia a la Flama
R. Bisfenólica	Alta resistencia Química, con Retardancia a la Flama con F. de V.
R. Vinilester	Alta resinas Química, sin Retardancia a la Flama
R. Epóxica	Alta resinas Química, sin retardancia ala Flama

Fuente: Fypro, S.A. de C.V.

Como Producto Terminado, las Propiedades de los materiales de P.R.F.V. Resinas, deben cumplir con las Sigüientes Normas de Calidad:

Tabla 46 Propiedades, normas y condiciones.

Propiedades	Normas	Condiciones
Flamabilidad	ASTM D-635, E-84	Temp. 22°C
Térmicas	ASTM A-D-686, 732 Y 648	Presión Atm. 582 mm Hg
Físicas	ASTM A-D-635, 792 AI Y 570	Humedad Relativa 70%
Mecánicas	ASTM D-638, 790, 256 Y 695	
Eléctricas	ASTM D-150, 2303, 275, 229 Y 149	

Fuente: Fypro, S.A. de C.V.

---

## CONCLUSIONES

Debido al escaso conocimiento del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas así como sus bondades, existe una gran incredulidad para usar este material como sustituto de materiales convencionales en casos específicos, frenando el desarrollo de nuevas aplicaciones que serían de gran beneficio para todos los sectores de la Industria en general.

En México el Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas es catalogado como una especialidad que en estos momentos, demanda el tener un campo de estudio organizado y completo en el cual nos podemos preparar para encontrar y desarrollar nuevos usos del mismo propiciando una reducción del rezago tecnológico existente en nuestro país en comparación con países de desarrollo como es el caso de Francia e Inglaterra entre otros.

Por sus propiedades, el Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas ha demostrado ser un aliado contra la corrosión que es un problema que afecta todos los sectores de la Industria y que genera grandes gastos de mantenimiento. Cabe mencionar que esto propone un tema que es meritorio de otra Tesis en la cuál se analicen las reacciones que provocan la corrosión, así como la justificación del uso del Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas para lo cual la presente Tesis puede tomarse como referencia.

El Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas por todas y cada una de sus propiedades, tanto mecánicas, cómo químicas, enunciadas en esta Tesis, demuestra ser sin lugar a dudas, una excelente alternativa de uso y sustitución de materiales convencionales.

Un ejemplo claro comprobado durante el desarrollo de esta tesis es la sustitución del acero inoxidable por el Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V.) Resinas en las campanas de recolección de biogas en el reactor anaerobio, entre otros. Con base en lo revisado de bibliografía y datos importantes de proveedores, fabricantes y usuarios se establece que puede ser sustituto de algunos materiales convencionales en aplicaciones específicas, en este caso se estudió este material como sustituto en los procesos de tratamiento biológico de aguas resultando favorable su aplicación, por otra parte se revisó la sustitución de rejillas en balnearios así como ya el muy frecuente uso de toboganes.

## GLOSARIO

### A

**Accelerador:** Agente empleado para activar la reacción de polimerización.

**Aditivo:** Sustancia agregada a la resina, la cual imparte propiedades específicas al compuesto, tales como plastificantes, catalizadores, absorbedores de rayos u.v., retardantes a la flama, etc.

**Aglutinante/Binder:** Resina o compuesto empleado para mantener unidos a los componentes de un sistema plástico. Compuesto aplicado durante el proceso de fabricación de las Fibras de Vidrio para mantenerlas unidas.

### B

**BMC (Bulk Molding Compound):** Filamento cortado (fibra de vidrio) y resina, usado para procesos de moldeo por inyección, compresión o transferencia.

### C

**Carga:** Material inerte agregado a una mezcla de plástico, con el fin de reducir su costo, modificar propiedades mecánicas, impartir color o mejorar la textura superficial.

**Catalizador:** Sustancia química, usualmente un peróxido orgánico, el cual solo activa una reacción, también llamado iniciador o promotor.

**Colchoneta:** Tipo de refuerzo, hecho de una serie de fibras de vidrio contadas, que se mantienen unidas por un aglutinante formando un fieltro.

**Curado:** Es el cambio en las propiedades físicas de un material por el efecto de una reacción química que puede ser condensación, polimerización o vulcanización.

## D

**Desmoldante:** Material o sustancia que al impedir el contacto entre el molde y la resina de laminado, evita la adhesión y facilita la extracción o desmolde.

**Dureza Barcol:** Un valor de dureza del plástico (resina curada) obtenida de la medición de un Durómetro Barcol, el cual da lecturas en escala de 0 a 100. El valor de dureza obtenido es usado como una medida del grado de curado del plástico.

## E

**Emulsión:** Dispersión de dos líquidos insolubles. En este caso dispersión de resina en agua por medio de un agente dispersante.

**Encogimiento:** Área irregular, generalmente menor que el molde, originada por el mal curado de la resina o por exceso del catalizador.

**Endurecedor:** Agente de curado o endurecimiento químico, aplicable a las resinas. Mezcla o sustancia adicionada a la composición de un plástico que promueve o controla el curado de la reacción formando parte de la pieza final.

## F

**Fibra:** Término que refiere materiales en forma de filamentos.

**Fibra Natural:** Material fibroso de origen vegetal, se emplean cuando la pieza o producto terminado no requiere de gran resistencia mecánica. Por ejemplo: algodón, sisal, alfa celulosa, yute, etc.

**Fibra Sintética:** Producida para usos industriales, son insolubles en agua, resistencia al impacto y excelente adhesión al plástico. Por ejemplo: Poliamidas, Poliéster, Poliacrilonitrilo, fibras de alcohol polivinílico, etc.

**Fibra de Vidrio:** Material elaborado de monofilamentos de vidrio, que posee elevadas características mecánicas, que es utilizado en su mayoría como refuerzo de plásticos reforzados.

**Filamento:** Hilo de vidrio, sumamente delgado, de longitud indefinida que permite flexibilidad.

---

**Flamabilidad:** Medida de la velocidad de propagación de la flama en un material combustible.

## **G**

**Gel Coat:** Capa superficial de resina en un laminado de Plástico Reforzado. Esta capa se convierte en parte integral de la pieza, proporcionando el acabado y color, impartiendo además resistencia química y al intemperismo.

## **I**

**Impregnación:** Es el efecto de saturar el refuerzo con la resina al estar realizando el laminado.

**Inhibidor:** Sustancia que frena una reacción química, empleada en ciertos monómeros y resinas para prolongar su tiempo de vida en almacenamiento. Llamado también retardador.

## **L**

**Lubricante:** Material que agregado a la mezcla de plástico o aplicado al molde, evita la adhesión del producto.

## **M**

**Molde:** Cavidad en la que se vierte la composición de plástico y de la que toma su forma.

**Moldeado:** Formado de una mezcla plástica dentro o en un molde, normalmente requiere de presión y temperatura.

**Moldeo por contacto o Manual:** Proceso de fabricación de una pieza de Plástico Reforzado en el cual se van depositando sobre un molde capas de resina. Generalmente el curado se lleva a cabo a temperatura ambiente usando un catalizador como promotor.

**Moldeo por Inyección:** Método de formación de un plástico, ya sea termoplástico o termofijo, impulsándolos hacia un molde que esté bajo presión y en ciertas ocasiones sometida a altas temperaturas.

---

**Moldeo por Transferencia de Resina (RTM):**

Proceso de moldeo en el cual la resina previamente catalizada es inyectada a un molde cerrado el cual contiene el refuerzo preformado.

**Monómero:** Molécula unitaria que es capaz de reaccionar con otras para formar un polímero. En los polímeros de adición representa la molécula inicial no polimerizada.

**P**

**Petatillo:** Tejido bidireccional fabricado a partir del Roving.

**Pigmento:** Material finamente dividido e insoluble que imparte color a la sustancia que es agregada.

**Plástico:** Son materiales de peso ligero, buenos aisladores térmicos y eléctricos.

**Plástico Reforzado:** Material que resulta de la combinación de dos o más componentes insolubles entre sí, y que se obtiene de la unión por medio de una mezcla, manteniendo íntegro cada componente.

**Plástico Reforzado con Fibra de vidrio (P.R.F.V.):** Polímero sintético con fibra de vidrio, el cual tiene cualidades de ligereza, resistentes a la corrosión o a la intemperie y buena resistencia mecánica y química.

**Polímero:** Molécula gigante de alto peso molecular, constituida de unidades básicas llamadas monómeros.

**Polimerización:** reacción química en la que las moléculas de monómero se unen entre sí para formar moléculas más grandes, de alto peso molecular.

**Pultrusión:** Proceso continuo que consisten en el jalado de la Fibra de Vidrio de Refuerzo hacia un baño de resina para posteriormente hacerlo pasar por un dado en el cual se efectúa el curado.

**R**

**Refuerzo:** Material fibroso que se combinada con resinas, para mejorar las características físicas y mecánicas de un producto plástico.

---

**Resina:** Producto orgánico, sólido o semisólido, natural o sintético, generalmente de alto peso molecular sin punto de fusión definido. Las resinas son por lo general insolubles en agua y tienen poca o nula tendencia a cristalizar. Sin embargo, ciertas resinas como los alcoholes polivinílicos y poliacrílatos, son rápidamente dispersables en agua y otras como las Poliamidas cristalizan muy fácilmente. A las piezas formadas con este material, se les conoce como productos de plástico.

**Resina Sintética:** Plásticos que se fabrican mediante la síntesis o unión de diversas sustancias químicas.

**Resistencia al Arco:** Mide las condiciones eléctricas de corto circuito. Su medición es en segundos. Tiempo que tarda un arco eléctrico en atravesar la superficie de una pieza. Valores altos, mayor resistencia al corto circuito.

**Resistencia al Calor:** La propiedad o habilidad de los plásticos o elastómeros que resisten cierto efectos de deterioro causado por altas temperaturas.

**Resistencia al Impacto:** Habilidad del material de soportar cierto golpe de impacto.

**Resistencia a la Compresión:** Describe cuanto peso puede soportar una pieza estática, con una forma y tamaño definidos antes de romperse.

**Resistencia a la Corrosión:** Es la habilidad de un material de soportar el contacto con factores ambientales naturales o aquellos originados por atmósferas artificiales sin degradarse.

**Resistencia a la Flama:** Propiedad que proporcionan ciertos químicos al ser utilizados para reducir la tendencia de una resina a quemarse.

**Resistencia a la Flexión:** Es la medida del máximo esfuerzo que una pieza resiste al doblarse hasta romperse, usualmente se expresa en unidades de fuerza por unidad de área.

**Resistencia a la Tensión:** Máxima carga soportada por una pieza sin deformarse permanentemente. Un laminado puede soportar cierta carga sobre él y recobrar su estructura original al quitarla.

---

## T

**Termofijo (Plástico):** Materiales que al aplicárseles calor, primero se vuelven blandos y posteriormente se endurecen quedando así permanentemente (Proceso irreversible), se produce un cambio químico.

**Termoplástico:** Materiales que al aplicárseles calor se ablandan y al enfriarse se endurecen, y nuevamente al aplicárseles calor se ablandan (Proceso reversible), se produce un cambio físico.

## V

**Velo:** Colchoneta de fibra de vidrio sumamente delgada, que en ocasiones se encuentra estampada o decorada proporcionando un efecto decorativo.

**Vidrio "E":** Tipo de Vidrio con una composición a base de borosilicato. Es el más usado en la Industria del Plástico Reforzado y en laminados dieléctricos por su alta resistencia.

**Viscosidad:** Resistencia (fricción) interna de un líquido a fluir, se expresa en Poises o Centipoises y Pascales.

## UNIDADES UTILIZADAS Y ABREVIATURAS

### UNIDADES UTILIZA

m :	Metros	x° :	Grado de inclinación
cm :	Centímetros	°F :	Grados Fahrenheit
mm :	Milímetros	°C :	Grados Centígrados
kg :	Kilogramo	cal-h :	Calorías por hora
g :	Gramo	kg/cm <sup>2</sup> :	Kilogramo por centímetro cuadrado
hr :	Hora	Psia :	Presión absoluta
min :	Minuto	Psig :	Presión manométrica
seg :	Segundo		
pulg :	Pulgada		
lb :	Libra		
mils :	Milésimas		
rpm :	Revoluciones por minuto		

### ABREVIATURAS

F. de V.	Fibra de vidrio
P.R.	Plástico reforzado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA

### □ LIBROS:

- ✓ Man-Made Fibres, R.W. Monorieff, Print by The Whitefriars Press Ltd., London and Tonbridge, England 1979.
- ✓ Moldes y máquinas de inyección para las Transformaciones de Plásticos, Gianni Bodini y Franco Cacchi Pessani, Ed. McGraw Hill, Tomo I, 2ª. Edición 1992.
- ✓ Resinas Poliester, Plástico reforzados, Felipe Parrilla, DCG Lorena Jasso, 14ª. Edicion julio 1998.
- ✓ Plásticos para Diseñadores, Francisco Javier González Madariaga y José Antonio Campos Plascencia, México. Primera Edición 2001.
- ✓ Enciclopedia del Plástico, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Centro Empresarial del Plástico, Segunda Edición 1999' 2001.
- ✓ Standard Handbook of Plant Engineering, Robert C. Rosales, U.S.A., 2a. Edition, 1995.

### □ TESIS:

- ✓ Resinas Poliester y su aplicación en Plásticos, IPN, 1976.

Sistema Propuesto para la evaluación de los costos de calidad en la fabricación de Plástico Reforzado, IPN, 1979.



□ **REVISTAS Y PUBLICACIONES:**

- ✓ Notiplar(Medio informativo de la Asociación Nacional de la Industria del Plástico Reforzado, A.C.), Julio-Agosto 1996, No. 2, ANIPLAR, Publicado por Edgar Pallán Jiménez.
- ✓ Reinforced Plastics, Vol. 40, No. 4, ISSN 0034-3617, Abril 1996, Publicado por Elsevier.
- ✓ Reinforced Plastics, Vol 40, No. 7/8, ISSN 0034-3617, Julio-Agosto 1996, Publicado por Elsevier.
- ✓ Reinforced Plastics, Vol. 36, No. 10, Octubre 1992, Publicado por Elsevier.
- ✓ Reinforced Plastics, Vol. 42, No. 7, ISSN 0034-3617. Julio-Agosto 1998, Publicado por Elsevier.
- ✓ Línea Directa, Vol. 4, No. 5, Septiembre 1997, Editada por VITROFIBRAS.
- ✓ Línea Directa, Junio 1996, Edición Especial.
- ✓ Línea Directa, Vol. 3, No. 4, Diciembre 1996, Editada por VITROFIBRAS.
- ✓ Fabrication News, Publicación Oficial de la F.F.A.(FIBERGLASS FABRICATION ASSOTIATION), Vol. 12, No. 10, Octubre 1990.
- ✓ Memproas deñ 6º. Congreso Internacional del Plástico Reforzado, ANIPLAR'95, México, D. F., Hotel del Prado, Agosto 23-25 1995.
- ✓ Composites Fabrication, Publicación Oficial de C.F.A. (Composites Fabricators Association), Vol. 9, No. 10, Octubre 1995.
- ✓ Composites Technology, Engineering & Manufacturing solutions for Industry, Vol. 4, No. 2, Marzo-Abril 1998.
- ✓ Composites Design & Application, The Source for Solutions and Technology, Summer 1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN