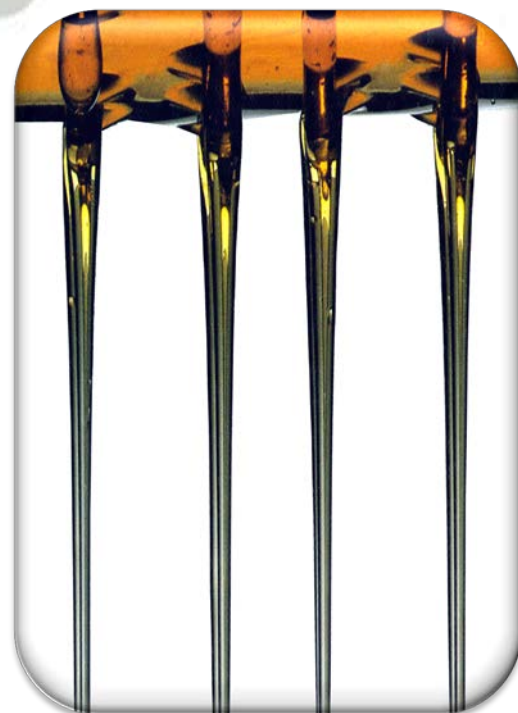


## POLIÉSTER - DESCRIPCIÓN



### Índice

Poliéster - Descripción	
Introducción / Designation	1
Ortoftálicas / Orthophthalic Resins	2
Isóftálicas / Isophthalic Resins	3
Bisfenólicas / Bisphenol Resins	4
Vinil Ester / Vinyl Ester Resins	5
Resistencia Química / Chemical Resistance	6
Propiedades de las Resinas no Reforzadas y de los Laminados / Properties of non-reinforced resins and laminates	7
Propiedades de Resina Pura sin Refuerzo Mecánico / Properties of pure resin without mechanical reinforcement	8
Propiedades de Resinas Reforzadas con Fibra de Vidrio / Properties of resins reinforced with glass fibre	9

## POLIESTER – DESCRIPCIÓN

### INTRODUCCIÓN

Los poliésteres son polímeros orgánicos caracterizados por la presencia de grupos Ester. Un Ester se forma por la interacción de un alcohol y un ácido con desprendimiento de agua en el proceso conocido por esterificación (unión de dos moléculas con pérdida de agua). Cuando realizamos una esterificación entre un alcohol dihídrico (dos grupos alcohólicos) y un ácido dibásico (dos grupos ácidos), el producto resultante de la esterificación queda con grupos terminales hidroxílicos ó carboxílicos. Estas moléculas pueden crecer por sucesivas condensaciones intermoleculares.

Partiendo de unos eslabones primarios que son el polialcohol y el poliacido, llegamos a la formación de unas verdaderas cadenas lineales, cuya constitución y longitud nos darán una verdadera gama de posibles productos con cualidades muy determinadas.

En principio hemos establecido el concepto de eslabones ó moléculas lineales que son susceptibles de unirse por sus extremos a otras y dar una verdadera cadena lineal. Estas cadenas lineales son los POLIÉSTERES SATURADOS.

Si creamos en esas cadenas lineales la posibilidad de enlazarse no sólo por sus extremos sino también en varios puntos a lo largo de ellas, pasamos de un producto de estructura lineal a un producto de estructura reticulada, que se nos desarrolla tridimensionalmente. Si los eslabones primarios dialcohol y diácido llevan uno de ellos ó los dos algún doble enlace entre dos carbonos, realizaremos la esterificación y la formación de largas cadenas lineales, según lo dicho anteriormente, pero con la particularidad de que nos quedarán varios dobles enlaces a lo largo de la molécula resultante; son los POLIÉSTERES INSATURADOS, que pueden dar lugar a estructuras reticuladas punteándose a través de sus dobles enlaces.

Si un poliéster de este tipo es calentado con un monómero, por ejemplo, el estireno, en presencia de un catalizador, se produce rápidamente una copolimerización. Esta copolimerización consiste en una reticulación del producto formando una masa sólida. Las moléculas de estireno conexas unas cadenas lineales con otras.

Según estamos viendo, jugamos con las moléculas para enlazarlas a nuestro antojo, con el fin de lograr productos con propiedades muy concretas y determinadas.

La facultad de combinar moléculas con dobles enlaces con otras que no las lleven, nos da como resultado el lograr distanciar a voluntad los dobles enlaces que constituirán los puntos de unión de las mallas que se forman al reticularse el producto, esto es, lograremos mallas ó retículas más ó menos cerrados.

Estos poliésteres insaturados son lo que empleamos para fabricar los plásticos reforzados; al reticularse alrededor de las fibras de vidrio formando una masa que los une y rigidifica.

Hemos visto que es posible el encadenar las moléculas a voluntad y resulta que también es posible el escoger esas moléculas. Eligiendo las moléculas adecuadas lograremos resinas más ó menos resistentes, tanto desde el punto de vista mecánico como químico, que clasificaremos de la siguiente manera:

- ORTOFTÁLICAS
- ISOFTÁLICAS
- BISFENOLICAS
- VINIL-ESTER

### **ADEMÁS PODRÍAMOS CONSIDERAR ALGÚN OTRO TIPO**

- FLEXIBLES
- ALILICAS
- DE ÁCIDO HET

## POLYESTER – DESCRIPTION

### DESIGNATION

Polyesters are organic polymers, which are characterised by the presence of ester groups. An ester is formed by interaction between an alcohol and an acid with the elimination of water in a process known as esterification (combination of two molecules with loss of water). When carrying out an esterification between a dihydric alcohol (two alcohol groups) and a dibasic acid (two acid groups), the product resulting from esterification is left with terminal hydroxyl or carboxyl groups. These molecules can grow via successive intermolecular condensations.

Starting from a few primary building blocks, the polyalcohol and the polyacid, the products arrived at are true linear chains whose constitution and length opens up a wide range of possible products of very specific properties.

In principle, there has been established the concept of building blocks or linear chains which can be combined with one another at their ends, thus giving a true linear chain. These linear chains are SATURATED POLYESTERS.

If in these linear chains bonding sites are created such that they can combine not only at their ends but also at various points along the chains, the product changes from a linear to a crosslinked structure, the formation of which takes place in three dimensions. If either or both of the primary building blocks, dialcohol and diacid, carry a double bond between two carbon atoms, esterification and formation of long linear chains take place as indicated above but with the particular feature that various double bonds remain along the molecule obtained; these are UNSATURATED POLYESTERS, which may give rise to crosslinked structures created at the double bond sites.

If a polyester of this type is heated with a monomer, for example styrene, in the presence of a catalyst, a rapid copolymerisation takes place. This copolymerisation consists in a crosslinking of the product to give a solid material. Some linear chains are bonded to others via the styrene molecules.

As can be seen, the molecules can be bonded to one another at will so as to produce products with very concrete and specific properties.

The possibility of combining molecules containing double bonds with others not containing them makes it possible to get as much distance as desired between the double bonds which are the bonding sites of the networks formed upon crosslinking the product, that is, more or less closed networks or crosslinking structures can be achieved.

These unsaturated polyesters are used to produce reinforced plastics; crosslinking around the glass fibres gives rise to a mass which binds them and makes them rigid.

As seen, it is possible to have the molecules form chains at will and, as it turns out, it is also possible to choose these molecules. Choosing the appropriate molecules makes it possible to obtain more or less resistant resins not only from a mechanical but also from a chemical point of view, which are classified as follows:

- ORTHOPHTHALIC
- ISOPHTHALIC
- BISPHENOL AND
- VINYL ESTER RESINS

### **IN ADDITION, SOME OTHER TYPES MAY ALSO BE INCLUDED**

- FLEXIBLE
- ALLYLIC AND
- HET ACID RESINS

## ORTOFTÁLICAS

Son las de uso general.

Se utilizan por su economía respecto a los demás y cuando no se requiere una resistencia química especial, si no la resistencia normal de los poliésteres.

Son obtenidas mediante reacción de anhídrido ftálico, anhídrido maleico y propilenglicol. El monómero utilizado normalmente es el estireno.

Si aumenta la cantidad de anhídrido ftálico y se disminuye el maleico se separan los dobles enlaces y la resina será menos reactiva y menos rígida. También se utiliza el ácido fumarico sustituyendo al anhídrido maleico dando más reactividad, más rigidez y más resistencia Química. Puede haber modificaciones en los glicolicos con modificación de la flexibilidad. El aumento de estireno también aumenta la resistencia Química.

## ISOFTÁLICAS

Son más resistentes a los productos químicos que las ORTOFTÁLICAS, de gran resistencia al agua, inclusive agua de mar y soluciones débilmente alcalinas.

Tienen un extraordinario comportamiento frente a toda clase de gasolinas.

Son obtenidas por reacción del ácido isoftálico con el propilenglicol y el ácido maleico. El monómero usual es el Estireno. En el ácido isoftálico los grupos carboxílicos están en posición meta dando lugar a moléculas más compactas. Permiten que puedan mezclarse con proporciones más elevadas de estireno. Esta resina nos proporciona suficiente garantía para su empleo en tuberías de proceso para ciertos fluidos.

## BISFENOLICAS

Se utilizan cuando se precisa más elevada resistencia a los ácidos, pueden contener bien productos alcohólicos.

Resisten los álcalis en soluciones diluidas.

Ofrece mejores prestaciones mecánicas.

Son obtenidas por reacción del anhídrido ftálico y anhídrido maleico con el bisfenol A.

Esta sustitución del propilenglicol por el bisfenol A nos da una compactación mayor de la estructura reticular, variantes optimizadas con introducción de fumarico, hidrogenación, etc., que aumentan las ventajas de resistencia.

## VINIL ESTER

Alta resistencia Química, especialmente a los álcalis a temperaturas elevadas, derivados clorados, ácidos, etc.

No son realmente resinas de poliéster pues por su estructura son resinas epoxi, con mayor simetría molecular por sus condiciones de trabajo entran de lleno en el campo del poliéster, ofreciendo las mejores prestaciones en todos los campos (resistencia química, mecánica, osmótica, eléctrica...).

## RESISTENCIA QUÍMICA

La resistencia química varía con:

1. La proporción de enlaces Ester. La degradación química que puede tener una resina de poliéster consiste principalmente en rotura de uniones Ester por hidrólisis.

Debemos tender a bajas proporciones de enlaces Ester para lograr mayor resistencia.

## ORTHOPHTHALIC RESINS

They are the ones that are generally used.

They are used for their low costs compared with the others and in those cases where no special chemical resistance but only the normal polyester resistance is required.

They are obtained by reaction of phthalic acid with maleic anhydride and propylene glycol. The usually used monomer is styrene.

If the amount of phthalic anhydride is increased and the amount of maleic anhydride decreased, the double bonds are further apart and the resin will be less reactive and less rigid. Fumaric acid is also used to replace maleic anhydride, giving a more reactive, more rigid and chemically more resistant product. It is also possible to use a different glycol component, resulting in more flexibility. Increasing the amount of styrene also increases the chemical resistance.

## ISOPHTHALIC RESINS

They are more resistant to chemicals than the orthophthalic ones and highly resistant to water, including seawater and slightly alkaline solutions.

They exhibit excellent performance towards all types of petrol.

They are obtained by reaction of isophthalic acid with propylene glycol and maleic acid. The usual monomer is styrene. In isophthalic acid, the carboxyl groups are in the meta position, giving more compact molecules. They are miscible with higher proportions of styrene. This resin is sufficiently safe to use in process piping for certain fluids.

## BISPHENOL RESINS

They are used in those cases where higher acid resistance is required and may contain alcoholic products.

They are resistant to alkalis in dilute solutions.

They provide better mechanical properties.

They are obtained by reaction of phthalic anhydride and maleic anhydride with bisphenol A.

This replacement of propylene glycol with bisphenol A gives better compaction of the crosslinked structure, while optimised variants obtained by adding fumaric anhydride, followed by hydrogenation, etc. give better resistance.

## VINYL ESTER RESINS

High chemical resistance, especially to alkalis at elevated temperatures, chlorinated derivatives, acids, and the like.

They are not really polyester resins since, owing to their structure they are epoxy resins with a higher molecular symmetry. Due to their conditions of use, they belong entirely to the field of polyesters, providing the best performance in all areas (chemical, mechanical, osmotic, electrical resistance, and the like).

## CHEMICAL RESISTANCE

Chemical resistance varies with:

1. The proportion of ester bonds. The chemical degradation that the polyester may be subject to consists mainly in breaking the ester linkages by hydrolysis.

To achieve better resistance, the proportion of ester bonds should be kept low.

2. El peso molecular; cuando mayor, mejor resistencia.
3. La simetría molecular; a mayor simetría la estructura se hace más resistente.
4. Proporción de grupos terminales; para lograr mayor resistencia esta proporción debe ser baja.
5. El grado de insaturación; la resistencia química vendrá favorecida con la máxima reticulación con estireno, para ello necesitamos suficientes dobles enlaces.

#### PROPIEDADES DE LAS RESINAS NO REFORZADAS Y DE LOS LAMINADOS

Las propiedades de las resinas moldeadas no reforzadas y de los laminados realizados con cualquier tipo de resina de poliéster dependen directamente del grado de curado de éstos.

Las propiedades de moldeos de resina no reforzados abajo detalladas, son características de muestras completamente postcuradas.

Muestras curadas a temperatura ambiente y sin posterior postcurado, no alcanzarán las propiedades de resistencia a la temperatura mencionada en la tabla, pero al contrario tendrán mayor alargamiento. Las propiedades térmicas de la resina están también influenciadas por los niveles de adición de acelerantes y catalizadores. Altos niveles de adición de éstos, tienden a reducir la resistencia a la temperatura de la resina.

#### PROPIEDADES DE RESINA PURA SIN REFUERZO MECÁNICO

PROPIEDADES	ISOF.			UNID.	MÉTODO
Peso específico	1,1	1,12	1,12	--	--
Dureza Barcol	32	40	40	--	ASTM D 2583
Resistencia a la tracción	602	632	836	kg/cm <sup>2</sup>	ISO R 527
Módulo de tracción	34435	34476	33660	kg/cm <sup>2</sup>	ISO R 527
Alargamiento a la rotura en tracción	2,4	2,1	2	%	ISO R 527
Resistencia a la flexión	1071	1153	1265	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Módulo de flexión	45900	34476	31620	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Módulo elasticidad cizalladura	14280	15912	15300	kg/cm <sup>2</sup>	DIN 53445
Temperatura Trans. est. vit.	130	137	140	°C	DIN 53445
Temperatura deformación bajo carga	55	120	130	°C	ISO R 75 m. A
Resistencia al impacto Charpy	6	9	11	KJ/m <sup>2</sup>	ISO R 179
Absorción de agua 25°C	30	21	15	mg	ISO R 62
Absorción agua 100 °C	22	16	10	mg	ISO R 117
Resistencia dieléctrica	23	20	20	kV/mm	ASTM D149
Constante dieléctrica	2,6	2,8	2,8	--	ASTM D150
Resistividad volumétrica	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	cm	ASTM D257
Resistencia al arco	91	92	92	--	ASTM D495
Factor de disipación	0,011	0,010	0,010	tg.	ASTM D150

#### PROPIEDADES DE RESINA REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO

PROPIEDADES			UNID.	MÉTODO
Cont. en fibra de vidrio		30	% P/P	ASTM D2584
Peso específico		1,33	--	--
Resistencia a la tracción		867	kg/cm <sup>2</sup>	BS2782.301L
Módulo de tracción		76602	kg/cm <sup>2</sup>	BS2782.301L
Resistencia a la flexión		1418	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Módulo de flexión		67218	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Res. a la compres.		1683	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D695
Módulo elasticidad cizalladura		28560	kg/cm <sup>2</sup>	DIN 53445
Coef. Poisson a tracción para un 0,2% de defor.		0,32	--	--
Resistencia al impacto Izod		80	kJ/m <sup>2</sup>	ASTM D256
Coefficiente dilatación lineal 20-100°C		31x10 <sup>-6</sup>	°C <sup>-1</sup>	ASTM D696
Conductividad Térmica		0,22	W/Km	DIN 53612

2. The molecular weight. The higher the molecular weight, the better the resistance.
3. The molecular symmetry. A higher symmetry makes the structure more resistant.
4. The proportion of terminal groups. To achieve higher resistance, this proportion must be low.
5. The degree of unsaturation. Chemical resistance is favoured by maximum crosslinking with styrene. Therefore, a sufficient number of double bonds are needed.

#### PROPERTIES OF NON - REINFORCED RESINS AND LAMINATES

The properties of non-reinforced moulded resins and laminates produced with any type of polyester resin depend directly on the degree of curing.

The properties of non-reinforced moulded resins given below are characteristic of completely post cured samples.

Samples cured at ambient temperature without subsequent post curing will not achieve the resistance properties at the temperature mentioned in the table but will instead have greater elongation. The addition levels of accelerators and catalysts also affect the thermal properties of the resins. If their addition levels are high, the heat resistance of the resin tends to decrease.

#### PROPERTIES OF PURE RESIN WITHOUT MECHANICAL REINFORCEMENT

PROPERTIES	ISOPH			UNIT	METHOD
	1.1	1.12	1.12	-	-
Specific weight					
Barcol hardness	32	40	40	-	ASTM D 2583
Tensile strength	602	632	836	kg/cm <sup>2</sup>	ISO R 527
Tensile modulus	34435	34476	33660	kg/cm <sup>2</sup>	ISO R 527
Tens. Elong. At break	2.4	2.1	2	%	ISO R 527
Bending resistance	1071	1153	1265	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Flexural modulus	45900	34476	31620	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Mod. Of shear. elast.	14280	15912	15300	kg/cm <sup>2</sup>	DIN 53445
Glass trans. Temp.	130	137	140	°C	DIN 53445
Def. temp. Under load	55	120	130	°C	ISO R 75 m.A
Charpy impact resist.	6	9	11	kJ/m <sup>2</sup>	ISO R 179
Water absorpt. 25°C	30	21	15	mg	ISO R 62
Water absorpt. 100°C	22	16	10	mg	ISO R 117
Dielectric resistance	23	20	20	kV/mm	ASTM D149
Dielectric constant	2.6	2.8	2.8	-	ASTM D150
Volume resistivity	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	Ωcm	ASTM D257
Arc resistance	91	92	92	-	ASTM D495
Dissipation factor	0.011	0.010	0.010	tg.δ	ASTM D150

#### PROPERTIES OF RESINS REINFORCED WITH GLASS FIBRE

PROPERTIES			UNIT	METHOD
Glass fibre content		30	% w/w	ASTM D2584
Specific weight		1.33	-	-
Tensile strength		867	kg/cm <sup>2</sup>	BS2782.301L
Tensile modulus		76602	kg/cm <sup>2</sup>	BS2782.301L
Bending resistance		1418	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Flexural modulus		67218	kg/cm <sup>2</sup>	ISO 178
Compress. Resistance		1683	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D695
Mod. of shear. elast.		28560	kg/cm <sup>2</sup>	DIN 53445
Poisson coeff. for 0.2% tens. Yield strength		0.32	-	-
Izod impact resist.		80	kJ/m <sup>2</sup>	ASTM D256
Linear exp. coeff. 20-100°C		31x10 <sup>-6</sup>	°C <sup>-1</sup>	ASTM D696
Thermal conductivity		0.22	W/Km	DIN 53612