

**C 3.19 – MATERIALES**  
**DEPARTAMENTO DE MECÁNICA APLICADA Y ESTRUCTURAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y**  
**AGRIMENSURA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

**MONOGRAFÍA: “MATERIALES NO CONVENCIONALES”**

*TEMA : “POLIPROPILENO HOMOPOLÍMERO ISOTACTICO”*

**RESUMEN:** El trabajo consiste en el análisis e investigación del polipropileno aplicado en las instalaciones de conducción de agua fría y caliente. Nos dedicamos en particular al sistema SALADILLO HIDRO3. La primera parte del informe es una introducción al mundo de los polímeros, para conocer algo de la naturaleza química de estos productos. La segunda parte, es el análisis del material de base con sus características generales (propiedades mecánicas, químicas, etc.). La tercera parte incluye todo lo que respecta a las características propias del sistema.

**REALIZADO POR:**  
**CLAUDIO BOIN**  
**FERNANDO CIANCIO**  
**LUCIANO S. LOPEZ**

*2DO SEMESTRE – AÑO 2002*

## ÍNDICE

### PRIMERA PARTE: "INTRODUCCIÓN"

- 1.1) Introducción
  - 1.1.a) Termoplásticos
  - 1.1.b) Plásticos termoestables
- 1.2) Reacciones de polimerización
  - 1.2.a) Peso molecular del termoplástico
  - 1.2.b) Funcionalidad del monómero
  - 1.2.c) Isotáctico
  - 1.2.d) Homopolímeros y copolímeros
  - 1.2.e) Polipropileno
- 1.3) Métodos industriales de fabricación
- 1.4) Procesos de materiales plásticos
  - 1.4.a) Procedimientos seguidos en la fabricación de materiales termoplásticos
  - 1.4.b) Procedimientos seguidos en la preparación de materiales termoestables

### SEGUNDA PARTE: "ANÁLISIS DEL MATERIAL BASE"

- 2.1) Propiedades Mecánicas
  - 2.1.a) Limitaciones de los datos obtenidos en los ensayos
  - 2.1.b) Comportamiento a la tracción
  - 2.1.c) Rigidez
  - 2.1.d) Resistencia al impacto
- 2.2) Propiedades Superficiales
  - 2.2.a) Dureza
- 2.3) Propiedades Químicas
  - 2.3.a) Resistencia a la oxidación
  - 2.3.b) Exposición al aire libre
  - 2.3.c) Resistencia química
  - 2.3.d) Efecto del ataque químico
  - 2.3.e) Factores que alteran la resistencia química
- 2.4) Consideraciones sobre deformaciones
  - 2.4.a) Deformación progresiva

### TERCERA PARTE: "CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA"

- 3.a) Características generales
- 3.b) Características técnicas
- 3.c) Campo de aplicación
- 3.d) Método de utilización
- 3.e) Almacenamiento, manipulación, transporte y mantenimiento posterior
- 3.f) Garantía y otros certificados
- 3.g) Características de comercialización
- 3.h) Aprobaciones

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PIEZA\*

La pieza que elegimos como base para nuestra investigación es un trozo de caño de un metro de longitud, con un diámetro nominal de una pulgada (1"), apto para la conducción de agua caliente y fría. Los campos de aplicación son: instalaciones de agua fría y caliente en viviendas de todo tipo, calefacción por radiadores, sistemas de convección de aire frío o caliente, conducción de fluidos industriales y sustancias alimenticias, instalaciones de aire comprimido.

Otras características:

- Diámetro exterior 34.2 mm
- Diámetro interior 23.9 mm
- Espesor 5.1 mm
- Sección eficaz 4.5 cm<sup>2</sup>
- Temperatura de fusión 260°-270°C
- Presión nominal de servicio 10 Kg/cm<sup>2</sup>. Temperatura 0°-100°C
- Presentación : tiras de 6 metros.

El tubo esta compuesto por tres capas:

1. Capa externa marrón: alta resistencia al medio externo. Resiste la exposición solar, las altas y bajas temperaturas atmosféricas y los malos tratos de la obra. En contacto con la cal, el cemento y otras sustancias corrosivas, no se corroe ni envejece.
2. Capa central blanca: alta resistencia mecánica. Soporta presiones de agua superiores a los 100 Kg/cm<sup>2</sup>. Resiste el roscado. Las fibras de vidrio presentes brindan filetes de rosca de alta tenacidad. El bajo índice de fluencia y elevado punto de ablandamiento del Polipropileno Homopolímero Isotáctico aseguran la perfecta fusión molecular.
3. Capa interna verde: alta conductividad de fluidos. Es inerte y no toxica. No afecta el color, olor o sabor del agua transportada. Resistente a la corrosión. Soporta agua hirviendo y puede conducir ácidos y álcalis. La superficie, libre de porosidades, no favorece las incrustaciones de sarro.

Las conexiones pueden hacerse por termofusión, rosca plástica o rosca metálica.

\*Nota: estos datos fueron suministrados por el fabricante. Habría que comprobar su veracidad.

## **I) INTRODUCCION**

### **1)Introducción:**

La palabra polímero significa literal mente muchas partes. Por material sólido polimérico consideramos aquel que contiene muchas partes o unidades enlazadas entre sí químicamente.

Se consideran dos grandes grupos: los plásticos y los elastómeros.

Los plásticos son aquellos que se obtienen por procesos de conformado o moldeado.

La división de los plásticos se puede hacer en dos clases, termoplásticos y plásticos termoestables.

Los elastómeros o gomas experimentan deformación elástica al aplicar una fuerza sobre ellos, pudiendo recuperar su forma original cuando cesa la fuerza.

#### **a)Termoplásticos:**

Los termoplásticos para ser conformando requieren la aplicación de calor previo al enfriamiento que les confiere la forma definitiva. Estos materiales pueden ser recalentados y reformados varias veces sin sufrir cambios significativos en sus propiedades. Muchos termoplásticos poseen una larga cadena principal de átomos de carbono unidos covalentemente.

#### **b)Plásticos termoestables:**

Fabricados o con una forma permanente y endurecidos por reacciones químicas, no se pueden refundir, ni almacenar y son degradados o descompuestos por calentamiento a temperatura elevada, es decir no se pueden reciclar. Muchos plásticos termoestables costean de una red de átomos de carbono unidos con enlaces covalente para formar un sólido rígido. Pero a veces hay átomos de nitrógeno, oxígeno, azufre u otros átomos enlazados covalentemente formando parte de la red estructural termoestables.

Los plásticos tienen una amplia gama de propiedades, algunas inalcanzable para otros materiales y en muchos casos a bajo costo.

El uso de plásticos para proyectos ofrece: eliminación de muchas operaciones finales, simplificación del montaje, reducción de peso, en algunos casos la eliminación de elementos de lubricación, son muy utilizados para aplicaciones eléctricas debido a su alta aislaron.

### **2) Reacciones de polimerización:**

La mayor parte de los termoplásticos con sintetizados por el proceso de la polimerización en el que muchas pequeñas moléculas se enlazan covalentemente en largas cadena que se llaman monómeros. La molécula de cadena larga formada por unidades de monómeros se llama polímero. El proceso químico por el cual los monómeros se combinan químicamente en polímeros moleculares de larga cadena se llama polimerización con aumento de cadena.

#### **a)Peso molecular para termoplásticos:**

Los termoplásticos están formados por cadenas de muy diferentes longitudes, cada una tiene su propio peso molecular y grado de polimerización. De este modo se debería hablar de un peso molecular medio cuando nos referimos a la masa molecular de un material termoplástico. El peso molecular medio del termoplástico es la suma de las fracciones en

peso por el peso molecular medio de cada rango particular, dividido por la suma de las fracciones en peso.

### **b)Funcionalidad de un monómero**

Para polimerizar un monómero deben existir dos enlaces químicos activos. Cuando un monómero posee tales enlaces químicos activos puede reaccionar con otros dos monómeros y por sucesivas uniones de otros monómeros del mismo tipo se puede formar una cadena larga de un polímero lineal. Si el monómero posee mas de dos lugares activos, la polimerización puede tener lugar en mas de dos direcciones y de este modo se abre la posibilidad a distribuciones en redes tridimensionales.

El número de enlaces activos que posee un monómero se llama funcionalidad del monómero. Un monómero que utilice dos activos para la polimerización de cadenas largas se llama bifuncional, el monómero que utilice los tres enlaces activos para formar un material polimérico en red se denomina trifuncional

### **c)Isotáctico:**

La palabra isotáctico significa que tiene todas las cadenas laterales del mismo lado de la cadena vinílica principal.

### **d)Homopolímeros y copolímeros:**

Los homopolímeros son materiales que están constituidos por cadenas de polímeros compuestas de unidades sencillas repetidas. Es decir si A es una unidad de repetición, una cadena de un homopolímero tendrá la secuencia AAAAAA.. En la cadena molecular del polímero.

Los copolímeros en cambio consisten en cadenas de polímeros compuestos por dos o más unidades químicamente diferentes repetidas, las cuales están en secuencia distinta.

Aunque los monómeros en la mayoría de los copolímeros están ordenados aleatoriamente, han sido identificado cuatro distintos tipos de copolímeros estadísticos, alternados, en bloque y de injerto.

Copolímeros estadístico: los monómeros diferentes están ordenados aleatoriamente dentro de las cadenas de polímeros. Si A y B son monómeros diferentes, entonces una ordenación sería AABABBBBAABABAAB...

Copolímeros alternantes: los monómeros diferentes muestran una ordenada alternada determinada como ABABABABABAB.....

copolímeros en bloque: Los homopolímeros diferentes en la cadena están ordenados en bloques relativamente largos de cada monómero: AAAAAA ---- BBBBBB --- .....

copolímeros de injerto: apéndices de un tipo de monómero están injertados a la cadena larga de otro:

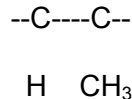
AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA  
B        B            B        B

Las reacciones de polimerización en cadena pueden tener lugar entre dos o más monómeros diferentes si pueden insertar las cadenas que se producen al mismo nivel de energía y velocidades

### **e) Polipropileno:**

Unidad estructural química repetitiva:





Estructura y propiedades. La sustitución de un grupo metilo en cada átomo de carbono secundario de la cadena principal, que conlleva el paso de polietileno a Polipropileno, restringe el movimiento de rotación de las cadenas, produciendo un material mas fuerte pero más flexible. Los grupos metilo de las cadenas también aumentan la temperatura de transición vítrea del cristal y así el Polipropileno exhibe un punto de fusión alto y temperaturas de termodeflection mas alta que el polietileno. La utilización de catalizadores estereoespecificos permite que el Polipropileno isotáctico pueda ser sintetizado fácilmente. Su punto de fusión se encuentra entre 165 a 177 °C, siendo posible someter a este material a temperaturas de 120 °C sin que se produzcan deformaciones.

El Polipropileno presenta una amplia gama de propiedades que le hacen muy atractivo para ser utilizado en la fabricación de productos manufacturados. Entre estas propiedades podemos citar: buena resistencia química a la humedad y al calor, baja densidad, buena dureza superficial y estabilidad dimensional.

El Polipropileno posee una flexibilidad notable, lo que aconseja su uso en productos que requieran ser articulados. Debido al bajo precio del monómero, se trata de un material termoplástico comercial muy competitivo.

Aplicaciones: el Polipropileno encuentra sus mas amplias aplicaciones en productos para hogar, electrodomésticos, embalajes, utensilios de laboratorio, y varios tipos de botellas. Los copolímeros de Polipropileno de alto impacto han reemplazado a los cauchos en el transporte e en los cumulos de calor de los edificios. Los homopolímero de Polipropileno se utilizan ampliamente como materiales de protección y refuerzo en el transporte de mercaderías. Se utilizan en la fabricación de sacos y se emplean directamente como bolsas de envoltura para mercaderías blandas, debido a su lustre y buena tenacidad.

### 3) Métodos industriales de polimerización:

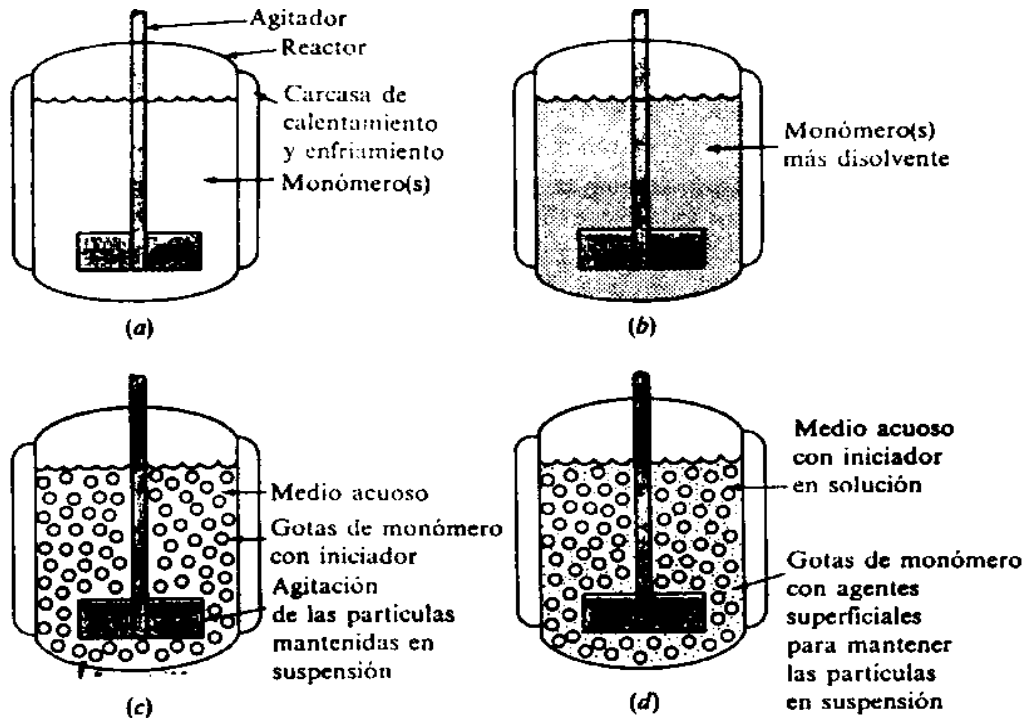
El proceso de químico de polimerización que se utiliza para producir materiales plasticos es complejo y diverso. Algunos de los métodos de polimerización más importante vamos a describir:

Polimerización en bloque: el monómero y el activador se mezclan en un reactor, el cual es calentado y enfriado según se requiera. Este proceso es de amplia utilización en polimerización por condensación cuando un monómero se ha cargado en el reactor y el otro se va adicionando poco a poco. El proceso puede ser empleado globalmente para muchas condensaciones de polímeros por sus bajas temperaturas de reacción. (Fig. a)

Polimerización por solución: el monómero se disuelve en un soluto no reactivo que contiene un catalizador. El calor desprendido por la reacción es absorbido por el soluto y entonces la velocidad de reacción se reduce. (Fig. b)

Polimerización por suspensión: el monómero se mezcla con un catalizador y se utiliza en forma de suspensiones agua. En este proceso el calor desprendido por la reacción es absorbido por el agua. Después del proceso, el producto polimerizado se separa y se deshidrata. Este proceso se utiliza de modo generalizado para producir muchos polímeros del tipo vinílico, tales como el cloruro de polivinílico, poliestireno. (Fig. c)

Polimerización por emulsión. Este proceso es similar al proceso de suspensión, puesto que se lleva a cabo en agua. Como siempre se adiciona un emulsificador para dispersar el monómero en partículas muy pequeñas. (Fig d)



#### 4)Proceso de materiales plásticos.

Muchos procesos diferentes están siendo utilizados para transformar gránulos y pastillas de plástico en productos como laminas, barras, secciones extruidas, tuberías o partes moldeadas acabadas. El proceso más utilizado depende de cierta forma de que si el plástico es termoplástico o termoestable.

Los termoplásticos se calientan normalmente en condiciones suaves y luego se vuelven a conformar antes de enfriados. Por otra parte los materiales termoestables al no estar completamente polimerizado cuando llega la etapa de procesamiento para dar una forma final, precisan de una reacción química que entrecruce las cadenas poliméricas para dar lugar a un material polimérico reticulado. El final de la polimerización se consigue por aplicación de calor y presión o por acción catalítica a temperaturas ambiente o a más temperatura.

##### a)Procesos seguidos en la fabricación de materiales termoplásticos.

**Moldeo por inyección:** el moldeo por inyección es uno de los procedimientos más importantes de fabricación de termoplásticos. Las máquinas modernas de moldeo por inyección utilizan un mecanismo de tornillo alternativo para fundir el plástico e inyectarlo dentro del molde. Las máquinas más antiguas de moldeo por inyección utilizaban un pistón para inyectar la fundición. Una de las principales ventajas del método de tornillo alternativo frente al tipo de pistón es que el tornillo impulsor entrega una fundición más homogénea para la inyección.

En el proceso de moldeado por inyección, los gránulos de plástico contenidos en una tolva caen a través de una apertura en el cilindro de inyección, sobre la superficie de un tornillo rotatorio impulsor, el cual transporta aquellos hacia la parte anterior del molde(fig. a). La rotación del tornillo fuerza los gránulos contra las paredes calientes del cilindro, obligándolas a que se fundan debido al calor de compresión, al de fricción y al calo de las paredes del cilindro.(fig. b)

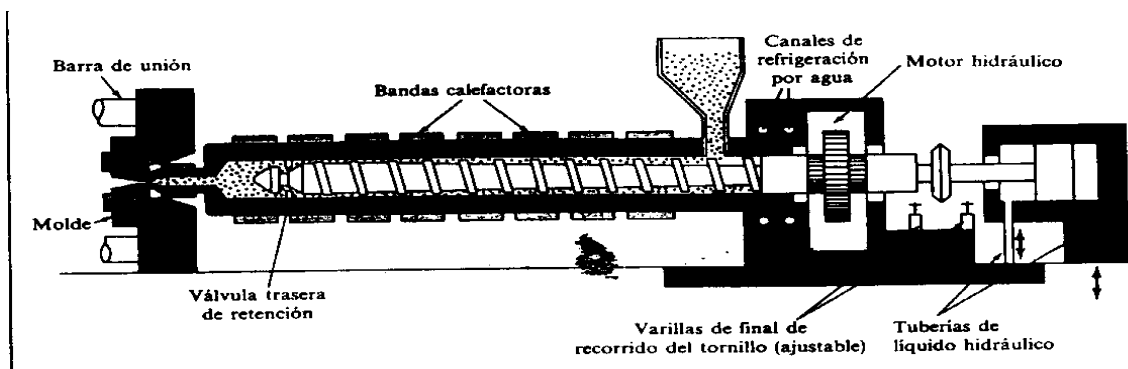
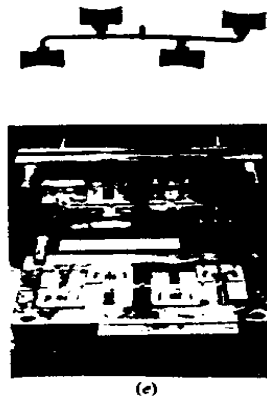
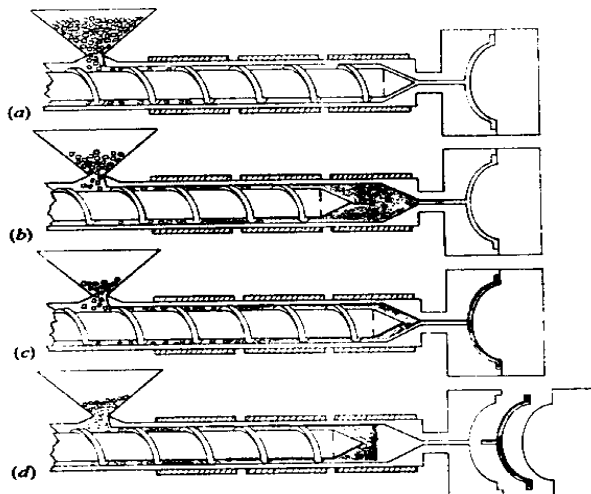
Cuando en el molde, al final del tornillo, se encuentra suficiente cantidad de material fundido, el tornillo se detiene y por un movimiento de pistón inyecta un chorro de plástico fundido a través de sistema de bebedero de colada en las cavidades de un molde cerrado(fig. c). El eje del tornillo mantiene la presión sobre el material plástico que se encuentra dentro del molde durante un corto periodo de tiempo para permitirle convertirse en sólido y luego se retira. El molde esta refrigerado por agua para enfriar rápidamente la parte plástica. Finalmente, el molde es abierto y la pieza es retirada del molde con aire o por expulsores de resorte(fig d) Luego se cierra el molde y se prepara para otro ciclo.

Las principales ventajas son:

1. Posibilita la producción de piezas de alta calidad a altos niveles de producción.
2. El proceso tiene relativamente un bajo costo de trabajo.
3. Se puede conseguir buenas terminaciones superficiales sobre la parte moldeada.
4. El proceso puede estar altamente automatizado
5. Facilita la fabricación de formas complicadas

Las principales desventajas del moldeado por inyección son:

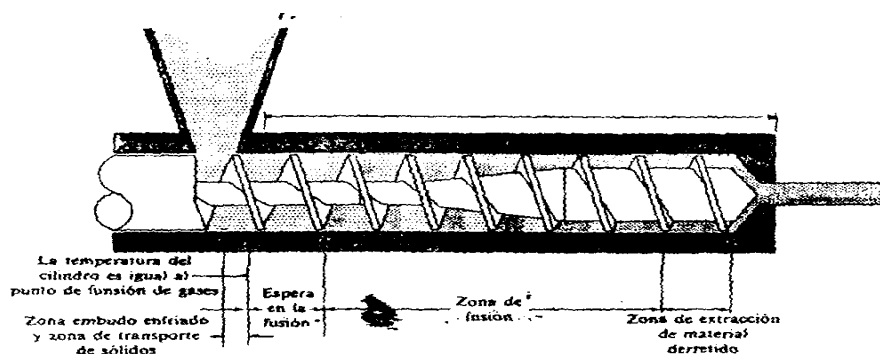
1. El alto precio de la maquinaria, que complica la necesidad de producir un gran volumen de piezas para amortizarla.
2. La necesidad de controlar estrechamente el proceso para conseguir un producto de calidad.



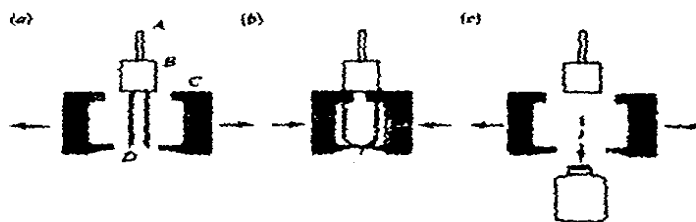


**Extrusión:** La extrusión es otro proceso utilizado en la fabricación de termoplásticos. Algunos de los productos manufacturados por el proceso de extrusión son: tubos, barras, películas, hojas etc. La máquina de extrusión se utiliza también para fabricar materiales plásticos de mezclas para la producción de formas en bruto tales como pastillas y para el aprovechamiento de materiales termoplásticos residuales.

En el proceso de extrusión se inyecta la resina termoplástica dentro de un cilindro calentado, y al plástico fundido se le fuerza a pasar mediante un tornillo giratorio, a través de una abertura que conduce a una matriz adecuadamente preparada para obtener configuraciones continuas. Después de su salida de la matriz, la pieza extrusionada debe ser enfriada por debajo de su temperatura de transición vítrea para asegurar una estabilidad dimensional. El enfriamiento se realiza normalmente mediante un sistema de agua o chorro de aire.



**Moldeo por soplado y termoconformación.** Otros métodos importantes de proceso de los termoplásticos son el moldeo por soplado y la termoformación de laminas. En el moldeo por soplado, se coloca un cilindro o tubo de plástico calentado llamado preforma entre las mordazas de un molde. (fig a) El molde se cierra para sellar los extremos del cilindro (fig b) y se insufla dentro aire comprimido, forzando el plástico contra las paredes del molde. (fig c) En la termoformación, una hoja de plástico calentado es forzada dentro de los contornos de un molde a presión. La presión mecánica puede ser usada con matrices en contacto, o bien el vacío puede ser usado para atraer la hoja dentro de una matriz abierta. También se puede utilizar la presión para forzar una hoja calentada dentro de una matriz abierta.



## b) Procesos seguidos en la preparación de materiales termoestables.

**Moldeo por compresión:** muchas resinas son conformadas como sólidos por procesos de moldeoado por compresión. En el moldeoado por compresión, la resina que debe ser precalentada, se carga dentro de un molde caliente que contiene una o más cavidades.(fig. a). La parte superior del molde se fuerza hacia abajo sobre la resina para que ésta se funda por efecto de la presión y del calor, forzando que el fundido llene la cavidad o las cavidades.(fig b)

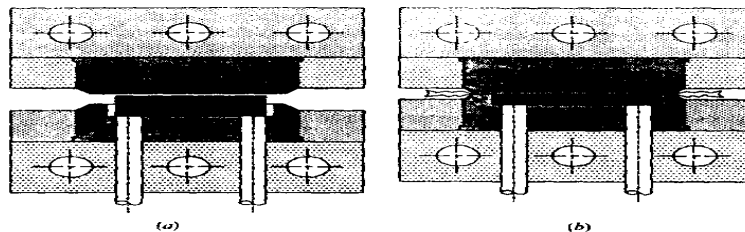
Se requiere continuar calentando para completar el entrecruzamiento de la resina termoestables y después se extrae la pieza del molde. El exceso de rebaja de la pieza se recorta posteriormente.

Las ventajas del moldeo por compresión:

1. Debido a la relativa sencillez de los moldes, los costos del molde inicial son bajos.
2. El poco flujo de material reduce relativamente la duración y abrasión del molde.
3. La producción de grandes piezas es más factible.
4. Se posibilitan los moldes más compactos debido a la sencillez del molde.
5. Los gases expulsados de la reacción de curado son capaces de escapar durante el proceso de moldeo

Las desventajas del moldeo por compresión son:

1. Las configuraciones de las partes complicadas son difíciles de hacer con este proceso.
2. Las inserciones pueden ser difíciles de mantener a tolerancias pequeñas.
3. La rebaba debe ser recortada de las partes moldeadas

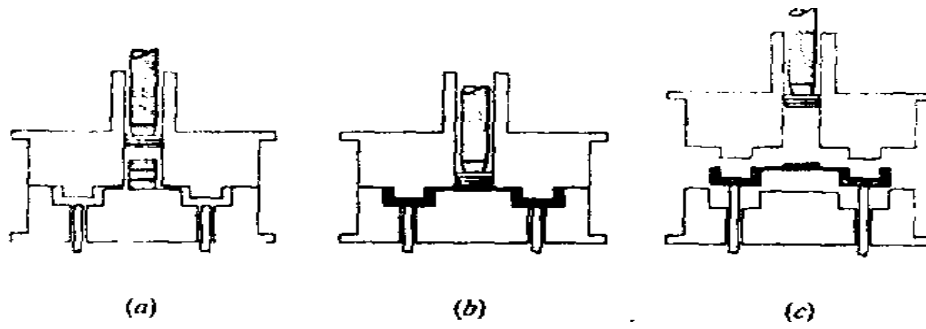


**Moldeo por transferencia:** el moldeo por transferencia se emplea también para moldear polímeros termoestables. El moldeo por transferencia difiere del moldeoado por compresión en como se introduce el material en las cavidades del molde. En el moldeo por transferencia la resina plástica no se introduce directamente en la cavidad del molde sino a través de una cámara exterior a la cavidad del molde.(fig a)

En el moldeo por transferencia, cuando se cierra el molde, el embolo presiona la resina, que generalmente es precalentada, desde una cámara exterior, a través de un sistema de conectores y entradas dentro de las cavidades del molde.(fig b) Después de que el material moldeado ha tenido tiempo de recuperare y con ello de formar una red rígida de material polimérico, se procede a extraer la pieza moldeada de su molde(fig c)

Las ventajas del moldeoado por transferencia son:

1. El moldeo por transferencia tiene la ventaja sobre por compresión de que no forman rebabas durante el moldeoado y de esta forma la parte moldeada requiere menos acabado
2. Se puede fabricar muchas piezas al mismo tiempo usando un sistema de conectores



3. El moldeo por transferencia es especialmente útil para hacer pequeñas piezas intrincadas que serían difícil de fabricar por moldeo por compresión

## II) PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO HOMOPOLÍMERO ISOTÁCTICO

### 1) PROPIEDADES MECÁNICAS

#### a) LIMITACIONES DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS

Como en todos los termoplásticos, las propiedades mecánicas del polipropileno varían en función del tiempo como consecuencia de la estructura intrincada de las cadenas largas. Esta estructura resiste a la deformación, pero la resistencia disminuye si el tiempo del ensayo se prolonga.

Por ejemplo, la medición del módulo elástico se realiza, en general, bajo la condición que las deformaciones sean pequeñas. Estas proporcionan elevados valores de rigidez. Sin embargo, los módulos se reducen con el incremento de la deformación y es imposible dar una correlación simple entre módulos determinados bajo diferentes condiciones.

La temperatura, el tiempo y las condiciones de elaboración son los factores más importantes que deben considerarse. Este último es de vital importancia y definitivamente debe ser especificado.

#### b) COMPORTAMIENTO A LA TRACCIÓN.

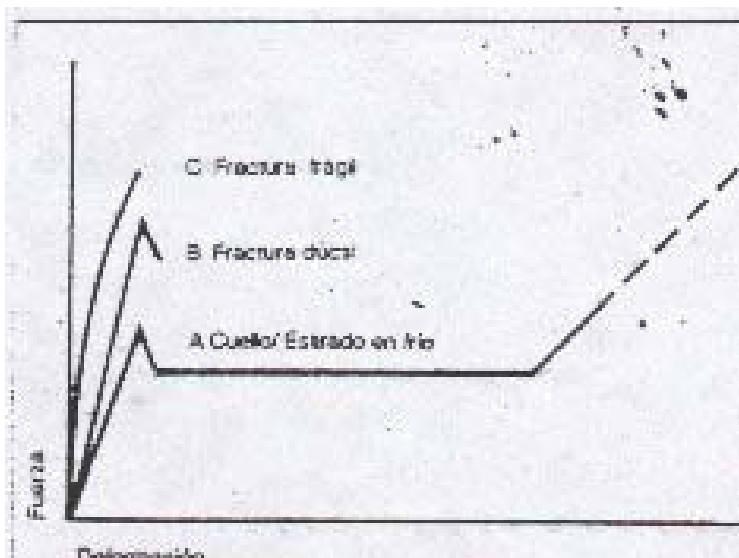
Tabla de valores de resistencia a tracción.

| PROPIEDAD                                              | UNIDADES | VALORES   |
|--------------------------------------------------------|----------|-----------|
| A 23°C                                                 |          |           |
| Resistencia a la tracción al límite elástico (ISO 527) | Mpa      | 24 a 37   |
| Elongación al límite elástico                          | %        | 5 a 15    |
| Módulo en flexión                                      | Gpa      | 0,9 a 1,7 |
| A 100°C                                                |          |           |
| Resistencia a la tracción al límite elástico           | Mpa      | 7,5 a 12  |

Las propiedades de resistencia a la tracción del polipropileno se pueden entender de mejor forma analizando las características de fuerza/deformación, que dependen de la velocidad con la que se aplica el esfuerzo al material y de la temperatura. Los ensayos individuales de tracción se realizan aplicando un esfuerzo constante y observando la deformación como una función del tiempo.

En la figura siguiente se muestran tres curvas típicas de fuerza/deformación del polipropileno para diferentes velocidades de deformación.

Fig.1: Curva fuerza/deformación del polipropileno



Cuando actúa una fuerza externa sobre el polipropileno, con baja velocidad de deformación (curva A), inicialmente el material se deforma mas o menos uniformemente hasta que se llega al punto del limite elástico. Después de esto, se produce un estrechamiento en frío hasta alcanzar el punto de rotura en una ultima elongación, que, en general, llega a varios cientos por ciento.

La parte de la curva desde el origen hasta el punto del limite elástico representa el rango de utilidad total de la fuerza/deformación para la mayor parte de las aplicaciones, es raro que los productos elaborados sean útiles para su uso si las fuerzas exceden este punto limite. En la practica, las deformaciones recomendadas se limitan a un rango de 1 a 3 %. Si la fuerza se aplica con bastante velocidad, el polipropileno no sufre deformaciones permanentes cuando la fuerza deja de actuar. La elongación en el punto limite elástico tiene, en forma usual, un valor que varia entre el 7 y el 9 %. En este punto comienza el estrechamiento, todos los alargamientos se producen en una región localizada de la probeta llamada cuello.

Cuando aumenta la deformación el cuello se desplaza a lo largo del cuerpo de la probeta hasta que se completa el estrechamiento. Durante este periodo la fuerza permanece constante, cuando el efecto alcanza las solapas de la probeta se produce un incremento del esfuerzo y ocurre la rotura en un punto no definido con exactitud. Durante el estirado en frío, las moléculas se orientan en la dirección de la tracción; de esta forma el polímero adquiere mayor resistencia.

A mayores velocidades de deformación se incrementa la resistencia en el limite elástico, pero se reduce la elongación a la rotura. Todo el alargamiento se produce en el cuello, aunque en este caso se produce ningún estirado en frío. Este comportamiento es llamado "rotura dúctil" (curva B)

Si crece aun más la velocidad se alcanza un punto donde ocurre una "rotura frágil", la cual ocurre antes de alcanzar el limite elástico (curva C).

La siguiente figura muestra los comportamientos a distintas velocidades y temperaturas.

Fig.2: Efectos de la temperatura y velocidad de deformación sobre el comportamiento a la tracción del polipropileno.

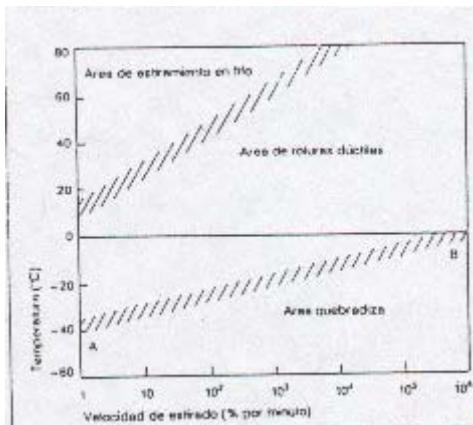
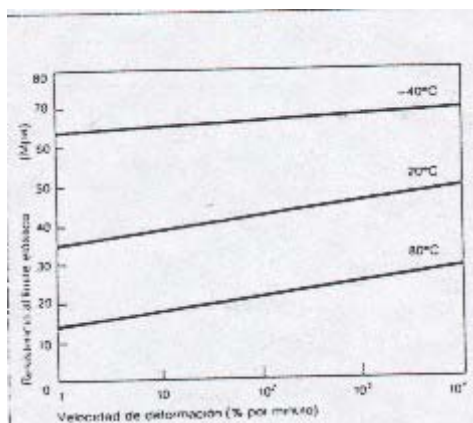


Fig.3: Resistencia al límite elástico como función de la velocidad de deformación para un típico homopolímero de polipropileno



La relación de la reducción con la temperatura para el polipropileno es mucho menor que para el polietileno de baja densidad, que pierde casi por completo su resistencia a una temperatura del orden de los 100° C. A esta temperatura, la resistencia a la tracción del homopolímero de polipropileno es equivalente al del polietileno a temperatura ambiente.

#### c) RIGIDEZ

A temperatura ambiente la rigidez del polipropileno es comparable con la del polietileno, pero a temperaturas mayores el polipropileno muestra una marcada ventaja. A una temperatura a la que el polietileno ya ha fundido, el polipropileno posee todavía una rigidez que lo hace útil para su uso.

#### d) RESISTENCIA AL IMPACTO (Ensayo de Charpy)

Para los ensayos, generalmente se entallan las probetas para efectuar una concentración de esfuerzos sobre un área determinada para obtener una rotura frágil y

no dúctil. Dicha entalladura tiene un radio de 0.25 mm (o mayor) y su profundidad es de habitualmente 2.75 mm.

La probeta entallada se coloca entre dos mordazas de forma tal que se obtiene una distancia de ensayo de 40 mm; con la entalladura ubicada en el centro del lado opuesto al punto de impacto. La energía requerida para quebrar la probeta se determina golpeándola con el peso de un péndulo que se desplaza a una velocidad de 30.5 cm/s y midiendo la energía perdida quebrarla. La resistencia al impacto (tensión de impacto) se mide como la energía media necesaria para quebrar la probeta por su unidad de área, en general expresada en kilojoules por metro cuadrado.

La resistencia al impacto varía durante la primera semana posterior a la fabricación, debido a los cambios que se producen en su morfología. Después de una semana se asienta y en los ensayos a los que se lo somete se obtienen valores sustancialmente constantes. Dicha resistencia se reduce con el descenso de la temperatura.

En la práctica, los cambios de temperatura son más importantes que las variaciones de velocidad.

Para una caracterización completa de la resistencia al impacto, ahora se determinan las propiedades al impacto también con otro ensayo en el que se aplica la técnica de caída de un peso (caída de dardo).

En este ensayo la probeta se rompe por la energía que le aplica un dardo esférico equipado con un transductor de presión. La variación de la fuerza en función del tiempo (o deflexión) se mide conectando la salida del transductor a la memoria de una computadora. La relación entre la fuerza y el tiempo definen la naturaleza de la rotura.

Las experiencias prácticas realizadas indican que el polipropileno también tiene una buena resistencia a las cargas dinámicas. La fatiga dinámica es el proceso de aplicar una carga variable en forma regular a una probeta, hasta llegar a la rotura.

## 2) PROPIEDADES SUPERFICIALES

### a) DUREZA

Los productos fabricados con polipropileno tienen una terminación superficial excelente, con una elevada dureza.

Tabla de propiedades superficiales del polipropileno

| PROPIEDAD                                                | MÉTODO DE ENSAYO | VALOR OBTENIDO |
|----------------------------------------------------------|------------------|----------------|
| Dureza Rockwell<br>escala R                              | ISO 2039/2       | 90 a 95        |
| Resistencia a la abrasión<br>Rueda Tabor C5-17 mg/1000 c | ISO 1044         | 18 a 28        |

## 3) PROPIEDADES QUÍMICAS

## **RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE**

### **a)RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN**

La elevada temperatura de fusión y las excelentes propiedades físicas del polipropileno a altas temperaturas, permite utilizar este material bajo condiciones extremas. Sin embargo, para que puedan aprovecharse las ventajas de su buen desempeño a dichas temperaturas, es necesario proteger los polímeros de la degradación producida por la oxidación.

Cuando se calienta el polipropileno en contacto con el aire se oxida, y esta oxidación aumenta con la temperatura. El rango de estas temperaturas esta comprendido entre 230° y hasta 270°C, punto en el que comienza la degradación puramente térmica, a diferencia de la que se produce por oxidación térmica. Esto hace que la superficie se torne más quebradiza y se deterioren las propiedades mecánicas, en especial, la resistencia al impacto. El comienzo de la degradación puede retardarse considerablemente por la incorporación de antioxidantes adecuados.

Existe envejecimiento a largo plazo de los artículos terminados y degradación que se produce durante la transformación. Una diferencia es que aquella afecta a la superficie, mientras que la segunda perjudica al volumen total del polímero. La degradación de la masa del polímero modifica la distribución del peso molecular.

Mientras que para la mayoría de los procesos es conveniente minimizar la reducción del peso molecular, la degradación de la masa fundida tiene algunas veces ventajas: elimina la parte de peso molecular muy elevado, aumentando la fluidez, mejorando así los procesos de llenado de moldes.

Para compensar las reacciones de degradación, durante la fabricación se agregan estabilizantes. Es común que se incorpore un mínimo de dos productos, uno que descompone los peróxidos, para minimizar la degradación durante la transformación, y el otro para mejorar la resistencia a largo plazo.

### **b)EXPOSICIÓN AL AIRE LIBRE**

Cuando el polipropileno se expone en forma continua al aire libre se lo debe estabilizar a la luz ultravioleta (UV). La alteración del polipropileno debida a los agentes atmosféricos es un proceso complejo y variable. La exposición a luz solar causa un deterioro gradual en la apariencia de la superficie y un eventual aumento de su fragilidad. La velocidad de la degradación se incrementa con el aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta y con la temperatura del material durante la irradiación. Ambos factores varían con la latitud, altitud y las estaciones del año, y también depende del color.

La lluvia y la contaminación atmosférica también afectan la velocidad de degradación. La lluvia lava algunos tipos de estabilizantes eliminándolos de las capas superficiales y la difusión del estabilizante desde las subsecuentes capas para reemplazar al material lavado resulta lenta, por lo tanto, la superficie queda vulnerable al ataque de los rayos UV. Paradójicamente la contaminación atmosférica puede aumentar la resistencia del material a dichos rayos por las capas de residuos que se depositan sobre su superficie y actúan de pantalla.

Para determinadas condiciones de servicio, o cuando se conoce en forma anticipada una exposición severa, existen formulaciones con una estabilización especial que retardan efectivamente el comienzo del deterioro.

### **c)RESISTENCIA QUÍMICA**

El polipropileno se caracteriza por tener una excelente resistencia al ataque de todo tipo de productos o reactivos químicos. Entendemos por productos cualquier elemento simple o combinado que entra en una formulación y que esta en contacto con un determinado material.



#### **d)EFECTOS DEL ATAQUE QUÍMICO**

El efecto del ataque químico sobre un determinado material puede tener muchos grados de intensidad, desde la disolución del material atacado, rotura de la pieza en menor o mayor grado, desde una leve pérdida de brillo hasta un cuarteado intenso.

Puede haber también ganancia o pérdida de peso, hasta inclusive ninguno de los efectos mencionados donde la única forma de detectar un posible ataque es cotejar las propiedades mecánicas entre el material original y el atacado.

#### **c)FACTORES QUE ALTERAN LA RESISTENCIA QUÍMICA**

Para una determinada tensión o deformación a la que sea expuesta una muestra del material, el ataque será mucho más rápido en un “medio ambiente agresivo” que en uno que no lo sea. Este fenómeno es conocido como Environmental Stress Cracking (ESC). Este es uno de los factores de deterioro de la resistencia química de un material.

Otros factores son:

- Temperatura (exposición a rayos solares, resistencia a los rayos UV)
- Lluvia
- Polución atmosférica

entre otros factores que gravitan, según su intensidad y tiempo de exposición, sobre el buen comportamiento original del producto.

### **4)CONSIDERACIONES SOBRE DEFORMACIONES**

La deformación abarca un estudio completo de las relaciones entre los esfuerzos, la deformación, el tiempo y la temperatura, pero excluye cualquier consideración con respecto a las fallas, excepto cuando estas quedan definidas en términos de una tensión límite específica que puede tolerarse en el diseño.

#### **a)DEFORMACIÓN PROGRESIVA**

El CREEP o deformación progresiva es estudiada sometiendo una muestra del material plástico a un esfuerzo constante de tracción y observando la deformación que se produce a medida que transcurre el tiempo. Generalmente se deja transcurrir un período largo que puede ser de una semana o más y hasta un año o más. Tanto el fenómeno de deformación progresiva como el aflojamiento o relajación de la tensión aplicada, son aspectos complementarios del comportamiento de los plásticos y en muchos casos estos ensayos pueden proveer información para el estudio de las propiedades viscoelásticas y el comportamiento con aplicaciones prácticas. El procedimiento experimental consiste en observar la deformación progresiva en función del tiempo para diferentes niveles de esfuerzos aplicados a temperatura constante.

La estructura molecular influye sobre la deformación progresiva, de manera que es importante asegurar que el material bajo ensayo no cambie apreciablemente durante el extenso periodo que duran las pruebas.

Si el material no supera el límite elástico (de deformación progresiva), los elementos fabricados con polipropileno al igual que aquellos producidos con otros termoplásticos, recuperan sus dimensiones originales cuando deja de aplicarse la carga. Esto sucede aun después de periodos muy largos de deformación y el fenómeno puede utilizarse en el diseño de elementos sujetos a esfuerzos intermitentes.

La deformación permanente (fluencia plástica) no se produce hasta que se llegue a un 6 % de deformación, aunque este valor depende de la temperatura. Sin embargo, habrá, en general, un límite superior impuesto a la deformación admisible en un componente, tanto sea por consideraciones de los esfuerzos aplicados o análisis de deformación, como fisuración por esfuerzos, fallas de funcionamiento, etc..

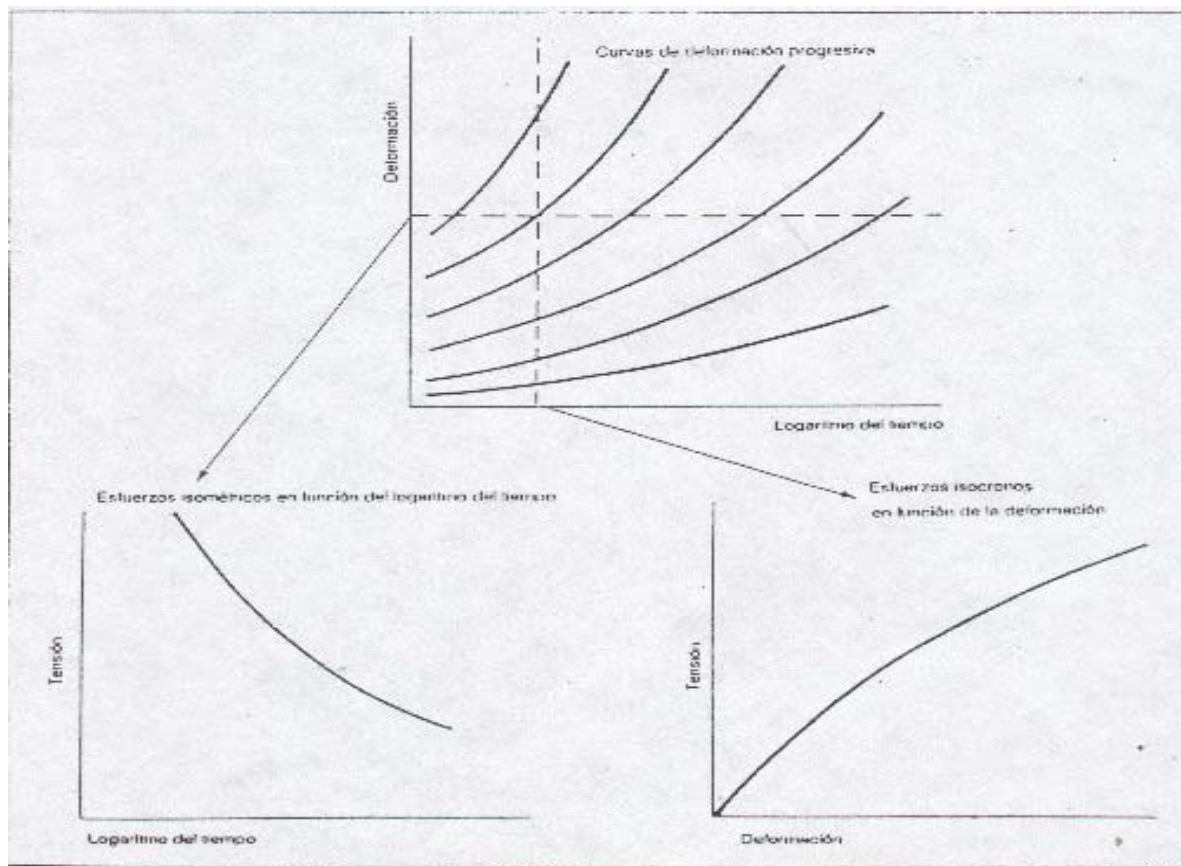
La principal complicación en la relación esfuerzos/deformaciones en los plásticos es que la misma no es lineal. Para los metales esta relación para tracción es prácticamente una recta, y la pendiente de esta recta se conoce como “modulo de elasticidad o de Young”, y es independiente de la temperatura. El valor del coeficiente de Poisson para el polipropileno es de 0.4.

Dijimos que para los termoplásticos, la relación esfuerzos/deformaciones no es lineal, y el modulo de deformación progresiva o creep a la tracción depende del tiempo y de la temperatura. Debido a la ausencia de una teoría que incluya la relación esfuerzos - deformación - tiempo - temperatura para predecir la deformación en un sistema sujeto a varias acciones, se utiliza la teoría clásica de la elasticidad, modificada adecuadamente para acomodar los esfuerzos variables, el tiempo y la temperatura, en un modulo de tracción del creep.

Los datos de las relaciones esfuerzos/deformaciones/tiempo se presentan en diferentes formas:

- \*Curvas de la deformación en función del logaritmo del tiempo
- \*Curvas isócronas esfuerzos/deformaciones (a tiempos constantes)
- \*Curvas isométricas del esfuerzo en función del logaritmo del tiempo con deformación constante (las mas útiles)

Fig.4: Diferentes representaciones esquemáticas de los datos del creep.



### III) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SALADILLO HIDRO 3

**Producto y marca:** tubos y accesorios de polipropileno Saladillo Hidro H3 (fabricado en polipropileno homopolímero isotáctico)

**Nivel de comprobación INTI:** el INTI ha analizado la coherencia de la información sin juzgar la validez de la misma.

**a)Características generales:** las cañerías y accesorios se fabrican en un polímero sintético, sintetizado por Petroken Argentina bajo licencia de Montell Polyolefinas.

Las características mecánicas, térmicas, reológicas y físicas de este polímero (DEX 26), mas los aditivos que se le agregan en la empresa Saladillo, dan como resultado un compuesto sintético inalterable, el cual es capaz de resistir muy altas temperaturas y presiones, como así también la exposición solar y el contacto con la cal, el cemento y otras sustancias corrosivas.

Cabe destacar que este polímero es apto para la conducción de agua fría y caliente, la cual se realiza en cañerías tanto roscables como termofusionables. La totalidad de los requerimientos en las instalaciones hidrosanitarias de agua fría y caliente, ya sean embutidas o a la vista, internas o externas, y en cualquier tipo de edificación, se ven cubiertas por la gama de las seis cañerías, los mas de 300 accesorios y todas las herramientas exclusivas.

#### **b)Características técnicas:**

- Resistencia a la corrosión y a las incrustaciones de sarro: este sistema resiste a la corrosión galvánica, química bacteriana y atmosférica, soportando la conducción de agua y otros fluidos con un rango de PH entre 1 y 14 (el cual incluye a la mayoría de las sustancias ácidas y alcalinas dentro de un espectro amplio de temperaturas y concentraciones). El polipropileno por sus características propias, mas el buen acabado superficial del producto, evitan las incrustaciones de sarro. Es por ello que el fabricante garantiza que en un periodo de 50 años se mantendrán constantes los valores de caudal y presión
- Inalterabilidad del agua transportada: el sistema H3 es atóxico e inerte (cumple con las exigencias de la FDA (CF 177.1520)) y el Código Alimentario Nacional en el año 85 lo incluyo en la lista positiva de resinas para contacto con alimentos del subgrupo III. El instituto IRAM también certifico la atoxidad de las cañerías en el año 96, con lo cual el agua que circula por el sistema H3 posee un alto grado de asepsia y potabilidad.
- Resistencia a la intemperie: el polipropileno utilizado es aditivado con absorbentes de rayos ultravioletas y antioxidantes, y son estos aditivos con su acción sinérgica lo que permite que se puedan colocar las cañerías a la intemperie (según el fabricante son capaces de resistir un mínimo de 15 años).
- Conductividad térmica: este material posee aproximadamente 300 veces menos que el cobre de conductividad térmica, por lo cual la perdida de calor en las cañerías es muy baja.
- Caudal y presión: la diferencia dimensional entre el sistema H3 y los sistemas termofusionables milimétricos, determina que a una misma presión y lapso de tiempo, el caudal transportado por el sistema H3 sea aproximadamente un 20% mayor (según asegura el fabricante). Adicionalmente y como consecuencia de sus mayores secciones de paso, el sistema H3 posee un bajo valor de perdida de carga.

**c)Campo de aplicación:** instalaciones de agua fría y caliente, tanto embutidas como a la intemperie, y en todo tipo de edificación.

**d)Método de utilización:** en la instalación del sistema se pueden alternar uniones roscadas y termofusionadas sin necesidad de cambiar de cañería o recurrir a algún tipo de accesorio de transición.

- Termofusión: la fusión molecular o Termofusión es el proceso por medio del cual los tubos y accesorios previamente calentados, se unen conformando una sola unidad eliminando prácticamente las pérdidas en las uniones.
- Rosca: es el sistema mas generalizado y aceptado de unión en nuestro país. La eficacia de este método depende exclusivamente del roscado (terraja correcta y coincidencia de rosca de tubo y accesorio) y el correcto sellado.
- Pautas básicas unión por Termofusión: se deben utilizar únicamente tubos y accesorios H3. Antes de iniciar una Termofusión se debe controlar la temperatura de operación del termofusor: verano 260°C, invierno 270°C. Es necesario que se verifique en frío el perfecto ajuste de las boquillas y se respete permanentemente las pautas básicas de Termofusión. Nunca se deberá acortar los tiempos mínimos de calentamiento recomendados, ya que el exceso de calentamiento no interfiere con la correcta fusión molecular, en cambio el déficit de calentamiento, por el contrario, inhibe la fusión molecular. Cumplido el tiempo mínimo de calentamiento, se debe retirar el tubo y accesorio y se procede a unirlos sin pérdida de tiempo, recordando de respetar los tiempos máximos. Una vez completada la unión, se deberán esperar dos minutos para que la misma se enfríe y alcance su punto de fusión definitivo.

| Diámetro del tubo (pulgadas) | Tiempo de calentamiento (segundos) | Intervalo máximo (segundos) | Tiempo de enfriamiento (segundos) | Profundidad de inserción (milímetros) |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1/2"                         | 8                                  | 3                           | 2                                 | 15                                    |
| 3/4"                         | 12                                 | 3                           | 2                                 | 16                                    |
| 1"                           | 16                                 | 4                           | 2                                 | 18                                    |
| 1 1/4"                       | 20                                 | 4                           | 3                                 | 22                                    |
| 1 1/2"                       | 24                                 | 4                           | 4                                 | 24                                    |
| 2"                           | 28                                 | 4                           | 5                                 | 27                                    |

Tiempo de calentamiento: tiempo mínimo que debe transcurrir desde que el tubo y la conexión están insertados a tope en las boquillas.

Intervalo máximo: tiempo máximo a transcurrir desde que se retiran tubo y conexión de las boquillas y se unen.

Tiempo de enfriamiento: tiempo mínimo que debe transcurrir para someter a la unión.

Profundidad de inserción: profundidad de penetración del tubo dentro de la boquilla.

- Pautas básicas unión roscada: solo se deberán utilizar terrajas de cojinete cónico provistas de guía. Antes de iniciar el roscado se deberá controlar que la terraja este en escuadra respecto del tubo. Las uniones hay que sellarlas con Sellaroscas H3 combinado con algunas hebras de cáñamo.

**e)Almacenamiento, manipulación, transporte y mantenimiento posterior:**

- Transporte: se deberá realizar en vehículos con caja de carga apropiada. Las tuberías deben transportarse completamente apoyadas sobre una superficie plana.
- Recepción y manipuleo: durante la operación de descarga los tubos no deben ser arrojados al piso, golpeados ni arrastrados.
- Estibado: deberán ser estibados en superficies planas o en cañeras con un apoyo cada 1,50 metros.
- Trato en obra: no se deben someter a golpes a los tubos especialmente los días de baja temperatura.

**f)Garantía y otras certificaciones:** el fabricante declara que las cañerías Saladillo H3 poseen sello IRAM (conformidad norma IRAM 13473). El sistema de aseguramiento de la calidad se encuentra en la etapa final de adecuación a la norma ISO 9001.

**g)Características de comercialización:** los productos Saladillo H3 pueden ser adquiridos en prácticamente la totalidad de los comercios sanitarios de la República Argentina, como así también es posible adquirirlos en Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Chile, Uruguay, México, Paraguay.

Es de destacar que la empresa asesora técnicamente a instaladores, profesionales y empresas en todo el país.

| <i>Propiedad</i>                              | <b>Método de prueba</b> | <b>Unidad</b>            | <b>Valor</b>          |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Viscosidad                                    | ISO 1628 T3             | cm <sup>3</sup> /g       | 450                   |
| Índice de fluencia MFR/190/5                  | ISO 1133 Proced. 18     | G/10 min.                | 0,5                   |
| Índice de fluencia MFR/230/2.16               | ISO 1133 Proced. 12     | g/10 min.                | 0,3                   |
| Índice de fluencia MR/230/5                   |                         | g/10 min.                | 1,5                   |
| Índice de fluencia volumétrica MVR/230/216150 | ISO 1133                | cm <sup>3</sup> /10 min. | 0,4                   |
| Densidad 23°C                                 | ISO 1183                | g/cm <sup>3</sup>        | 0,901                 |
| Esfuerzo de tensión en el límite elástico     | ISO 527                 | N/mm <sup>2</sup>        | 34                    |
| Elongación en el límite elástico              | Velocidad 50 mm/min.    | %                        | 10                    |
| Elongación a la rotura                        | Probeta N° 1B           | %                        | >50                   |
| Dureza a la penetración de esfera             | ISO 2039 T1 (358N)      | N/mm <sup>2</sup>        | 70                    |
| Dureza a la penetración de esfera             | ISO 2039 T1 (132N)      | N/mm <sup>2</sup>        | -                     |
| Módulo de elasticidad                         | ISO 527                 | N/mm <sup>2</sup>        | 1400                  |
| Esfuerzo de corte                             | ISO Método A            | N/mm <sup>2</sup>        | 700                   |
| Esfuerzo de flexión                           | —                       | N/mm <sup>2</sup>        | 33                    |
| Punto de ablandamiento                        | DIN 53 736 B2           | °C                       | 164-168               |
| Resistividad volumétrica                      | IEC 93                  | Ωcm                      | >10 <sup>15</sup>     |
| Resistividad superficial                      | IEC 167                 | Ω                        | >10 <sup>13</sup>     |
| Inductividad relativa                         | IEC 250                 | -                        | 2,3                   |
| Factor de disipación                          | IEC 250                 | -                        | >5 x 10 <sup>-4</sup> |
| Resistencia dieléctrica                       | IEC 243/1               | KV/mm                    | 75                    |
| Impacto (Charpy) RT                           | ISO 179/1 eU            | kJ/m <sup>2</sup>        | n.f.                  |
| Impacto (Charpy) -30°C                        |                         | kJ/m <sup>2</sup>        | 25                    |
| Impacto (Charpy con entalla) RT               | ISO 179/1 eA            | kJ/m <sup>2</sup>        | 8                     |
| Impacto (Charpy con entalla) -30°C            |                         | kJ/m <sup>2</sup>        | 2,5                   |

Algunas de las resistencias a la corrosión:

| Sustancia examinada | Concentración % | Temperatura °C |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Agua potable        | 100             | 100            |
| Agua de mar         | 100             | 100            |
| Ácido muriático (#) | s/d             | 60             |
| Ácido sulfúrico (#) | 90              | 20             |
| Soda cáustica (#)   | 100             | 60             |

(#): en las instalaciones de conducción de sustancias corrosivas, no se deben utilizar conexiones mixtas con roscas de bronce. En estos casos, se deben emplear las conexiones fusión rosca plástica H3.

Seguridad en la conducción de agua a elevadas temperaturas:

| Tipo de instalación | Temperatura de servicio °C | Punto de ablandamiento °C | Margen de seguridad °C |
|---------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| Agua caliente       | 50                         | 165                       | 115                    |
| Calefacción         | 80                         | 165                       | 85                     |

Seguridad en cuanto a presiones de trabajo estimativas:

| Tipo de edificación               | Presiones máximas previstas Kg/cm <sup>2</sup> | Presión de rotura Kg/cm <sup>2</sup> | Margen de seguridad Kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Vivienda unifamiliar              | 1                                              | 125                                  | 124                                    |
| Edificio de altura (Distribución) | 3                                              | 125                                  | 122                                    |
| Edificio de altura (Impulsión)    | 10                                             | 125                                  | 115                                    |

Relación con tuberías de cobre:

| Tubería       | Conductividad térmica | Relación |
|---------------|-----------------------|----------|
| Cobre (latón) | 50 kcal/(hxm°C)       | 263      |
| Saladillo H3  | 0,19 kcal/(hxm°C)     | 1        |

Congelamiento del agua:

| Tipo de tubería | Tiempo de congelamiento (#) |
|-----------------|-----------------------------|
| Cobre           | 1h 20min                    |
| Acero           | 1h 40min                    |
| Polipropileno   | 4h 30min                    |

(#): tiempo de congelamiento del agua, según tipo de tubería, a una temperatura ambiente de -1°C.

Nota: el material analizado (polipropileno), a 25°C de temperatura ambiente, transportando agua a 19°C y con una humedad del 80%, no condensa, en cambio una tubería de cobre si lo hace.

#### **Standards de calidad del sistema (datos según el fabricante)**

- **Resistencia a la presión hidrostática de las tuberías Saladillo H3.**

Ensayo realizado conforme a las normas IRAM 13473 y DIN 8078.

Descripción del ensayo:

Probeta: tubo Saladillo H3 de 200mm. De longitud,  $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

**Presión de prueba: 87 kg/cm<sup>2</sup>**

Duración del ensayo: 12'

Resultado: cumplió satisfactoriamente

Ente verificador: IRAM, según informe 3-1996

- **Resistencia a la temperatura de las cañerías Saladillo H3.**

Ensayo realizado conforme a las normas IRAM 13473 y DIN 8078

Descripción del ensayo:

Probeta: tubo Saladillo H3 de 250mm de longitud,  $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

Presión de prueba: 11,8 kg/cm<sup>2</sup>.

Temperatura de prueba: 95°C +(-) 2°C.

Duración del ensayo: 1000 horas.

Resultado: cumplió satisfactoriamente.

Ente verificador: CITEFA, según informe 0377/95cc.

- **Resistencia al impacto de las tuberías Saladillo H3.**

Ensayo realizado conforme a las normas IRAM 13473 y DIN 8078

Descripción del ensayo:

Probeta: tubo Saladillo H3 de 200mm de longitud, diámetro  $\frac{3}{4}$ ".

Fuerza de impacto: 0,5 kg/m.

Numero de impactos: 3.

Resultado: cumplió satisfactoriamente.

Ente verificador: IRAM, según informe 3-1996.

- **Estabilidad dimensional.**

Ensayo realizado conforme a las normas IRAM 13473 y DIN 8078

Descripción del ensayo:

Probeta: tubo Saladillo H3 de 250mm de longitud, diámetro  $\frac{3}{4}$ ".

Marcación de probeta: 100mm (distancia entre marcas).

Temperatura de ensayo: 150°C +(-) 4°C.

Duración del ensayo: 30 minutos.

Variación dimensional: menor al 2%, transcurridas 2 horas de enfriamiento.

Resultado: cumplió satisfactoriamente

Ente verificador: IRAM, según informe 3-1996.

#### **h)Aprobaciones nacionales e internacionales:**

- Obras Sanitarias de la Nación (OSN)  
Resoluciones N° 783651/89-201/90-265/91.  
Aprobaciones de tubos Saladillo H3 Verde y Azul de ½ hasta 4´´.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM)  
Licencia para el uso del sello IRAM de conformidad con la Norma IRAM N°13473 para tubos Saladillo H3 Verde y Azul de ½ hasta 4´´. Año 1991.
- Centro de Estudios de Medición y Certificación de Calidad (CESMEC-Chile)  
Informe N°113164.1 Diciembre 1991: Aprobación tubos Saladillo H3.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (Chile).  
Inclusión en la Nomina de Materiales para la utilización en las Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable, de los tubos Saladillo H3. Santiago de Chile, 26 de Noviembre de 1991.
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INTINTEC-Peru).  
Aprobación tubos Saladillo H3, Setiembre 1991. Certificados N° A-087-91; A101-91; A169-91; A210-91.
- Centralny Osrodek Badawczo Rozwojowy Techniky Instalacyjnej (INSTAL-Polonia).  
Dictamen N° 95-91: aprobado para la utilización de tubos Saladillo H3, diámetros ½ hasta 4´´. Varsovia, Noviembre 1991.
- Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU-Uruguay).  
Ensayo N°219487; certificación de cumplimiento de la Norma Unit N°799/90. Montevideo, Octubre 1993.  
Resolución 2106/994; aprobación para la utilización de tubos Saladillo H3. Maldonado, Agosto 1994.  
Resolución 3863/994; aprobación para la utilización de tubos Saladillo H3. Montevideo, Octubre 1994.



**Lista de precios:**

Caño de 1/2 Hidro3 x 6 mt \$ 17.25  
Caño de 3/4 Hidro3 x 6 mt \$ 26.65  
Caño de 1 Hidro3 x 6 mt \$ 39.22  
Caño de 2 Hidro3 x 6 mt \$ 114.40

Precios de su competencia Acua Sistem

Caño 1/2 A. Sistem x 4 mt \$12.57  
Caño 3/4 A. Sistem x 4 mt \$12.57  
Caño 1 A. Sistem x 4 mt \$12.57

Precios probistos por AcceSaniGa S.A.

