

24 201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



TEFLON PROPIEDADES Y USOS EN LA
INDUSTRIA QUIMICA

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :
MARIA OTILIA GARCIA FALCON
DIRECTOR DE TESIS: I.Q.M. RAFAEL SAMPERE MORALES



CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

I N D I C E

OBJETIVOS.....	
INTRODUCCION.....	
CAPITULO I "HISTORIA DE LAS RESINAS TEFLON ⁺ (P.T.F.E.)"	
1.1 Antecedentes históricos.....	
CAPITULO II "LAS RESINAS TEFLON ⁺ Y SUS PROPIEDADES".	
2.1 Descripción de las resinas de fluorocar bono teflón ⁺	
2.2 Propiedades térmicas.....	
2.3 Propiedades químicas.....	
2.4 Propiedades mecánicas.....	
2.5 Propiedades eléctricas.....	
2.6 Propiedades físicas.....	
CAPITULO III "METODO DE OBTENCION DE LA RESINA TEFLON ⁺ (P.T.F.E.)".	
3.1 Breve descripción del proceso de obten-	

ción de la resina teflón⁺ (P.T.F.E.)...
3.2 Método de moldeo de resinas granulares
(P.T.F.E.).....

CAPITULO IV "OPTIMIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES Y
OBTENCION DE PIEZAS ESPECIALES".

4.1 Teflón⁺ (P.T.F.E.) reforzado.....
4.2 Máquinado del teflón⁺.....

CAPITULO V "USOS IMPORTANTES EN LA INDUSTRIA QUIMICA".

5.1 Aplicaciones.....

RECOMENDACIONES.....
REVISION DE PATENTES.....
CONCLUSIONES.....
APENDICE.....
TABLA DE EQUIVALENCIAS.....
GLOSARIO.....
BIBLIOGRAFIA.....

O B J E T I V O S

OBJETIVOS DE LA TESIS

- 1) Dar a conocer las ventajas y desventajas que posee la resina de politetrafluoretileno P.T.F.E. así como mencionar sus copolímeros en forma de información complementaria.
- 2) Dar a conocer el método de obtención de la resina teflón⁺ P.T.F.E. y aplicaciones más importantes en la -
Industria Química.
- 3) Que este trabajo de tesis sea una herramienta práctica y accesible al Ingeniero Químico para cuando re---quiera seleccionar la resina teflón⁺ que más se ajuste a sus necesidades.

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N .

Indudablemente si de alguna manera tuvieramos que dar nombre al siglo XX, el más apropiado sería, "EL SIGLO DEL PLASTICO", debido a la importancia que tienen -- hasta la fecha, ya que proporcionan el balance necesario de propiedades físicas, químicas, mecánicas y eléctricas que no pueden lograrse con otros materiales.

Los plásticos se pueden agrupar de muchas maneras diferentes; una clasificación generalmente aceptada, comprende los tipos termoestables (no se pueden remodelar) y los termoplásticos (se pueden derretir y moldear de nuevo). Los termoplásticos más importantes, que se utilizan comercialmente son: polietileno, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), cloruro de vinilideno, cloruro de polivinilo (PVC), butirato acetato de celulosa (CAB), -- policarbonatos, polipropileno, nylon y fluorocarburos -- (TEFLON⁺).

+ Marca registrada por Du Pont para sus resinas de fluorocarbono.

Estos últimos son los que actualmente se conocen y encuentran disponibles en el mercado como los más resistentes a productos químicos.

Podemos mencionar que uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan los ingenieros proyectistas, son los que se relacionan con la selección de materiales; y que a pesar de que las resinas de fluorocarbono teflón⁺, se comenzaron a utilizar a fines de la década de los 40, la información acerca de estos materiales no es muy conocida por el estudiante de Ingeniería Química y esto genera la necesidad e interés de profundizar en el conocimiento de las propiedades, características y aplicaciones más comunes de las resinas teflón⁺.

Por tal motivo en este trabajo nos enfocaremos, a la resina de politetrafluoretileno (P.T.F.E.), principalmente debido a que en la actualidad representa por lo menos el 90% de la totalidad de los polímeros fluorados -- que se producen, aunque también se hará mención de sus copolímeros más conocidos, para lo cual se presentan --

las propiedades físicas, químicas, térmicas, mecánicas y eléctricas que poseen las resinas teflón⁺, así como la descripción del proceso de obtención de la resina P.T.F.E. mezclada con diferentes tipos de compuestos inorgánicos para el mejoramiento de determinadas propiedades y aplicaciones más típicas (ventajas y desventajas), con la finalidad de que sea una guía práctica para el Ingeniero Químico que le ayude a tener un conocimiento más amplio de las resinas teflón⁺, y de esta manera se auxilie para la resolución de diversos problemas relacionados con la selección de materiales.

NOTA. Los significados de todas las abreviaturas utilizadas en este trabajo se encuentran en el glosario.

C A P I T U L O I

" HISTORIA DE LAS RESINAS TEFLON⁺ P.T.F.E. "

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Frecuentemente los historiadores clasifican las primeras épocas del hombre de acuerdo con los materiales que usó para hacer sus herramientas y otras necesidades básicas. Así las primeras etapas del hombre reciben los nombres de Edad de piedra, Edad de hierro y Edad del bronce. Con el paso del tiempo el hombre aprendió a usar otros muchos materiales. Y fué hasta la mitad del siglo pasado -- que el hombre introdujó los plásticos. Estos nuevos materiales no solo disputaros a los más viejos los usos ya establecidos para ellos, sino que también hicieron posible el logro de nuevos productos, los cuales ayudaron a extender considerablemente el espectro de actividades del quehacer humano.

Hoy en día sin los plásticos es difícil concebir el desarrollo de multitud de utensilios y aparatos, tales como el automóvil, el teléfono, la televisión, etc. de uso corriente en la vida actual.

El periodo de mayor crecimiento de la industria de los plásticos ocurre a partir de 1930. Esto no quiere decir que algunos de los materiales clasificados actualmente como plásticos no fueran conocidos antes de 1930, ya que el uso de los plásticos naturales se remonta a la misma antigüedad.

En 1938 fué descubierto por R.J. Plunkett de Du Pont el P.T.F.E.; plástico que cobró gran importancia debido a su amplia combinación de propiedades físicas, químicas, mecánicas y eléctricas; lo cual le da gran diversidad de aplicaciones en la industria.

Y fué hasta el año de 1941 que una patente de Kinetic Chemical Inc. describía como R. J. Plunkett descubrió el P.T.F.E. (1). Ello ocurrió en una ocasión en la que al abrir la válvula de apertura de un cilindro lleno de tetrafluoretileno el gas no dió señales de vida. En lugar de ello se encontró un sólido blanco, politetrafluoretileno depositado sobre las paredes interiores del cilindro. El proceso fué desarrollado por Du Pont y dos años más tarde

El período de mayor crecimiento de la industria de los plásticos ocurre a partir de 1930. Esto no quiere decir que algunos de los materiales clasificados actualmente como plásticos no fueran conocidos antes de 1930, ya que el uso de los plásticos naturales se remonta a la misma antigüedad.

En 1938 fué descubierto por R. J. Plunkett de Du Pont el P.T.F.E.,; plástico que cobró gran importancia de bido a su amplia combinación de propiedades físicas, químicas, mecánicas y eléctricas; lo cual le da gran diversidad de aplicaciones en la industria.

Y fué hasta el año de 1941 que una patente de Kinetic chemical Inc. describía como R. J. Plunkett descubrió el P.T.F.E.¹. Ello ocurrió en una ocasión en la que al abrir la válvula de apertura de un cilindro lleno de tetrafluoretileno el gas no dió señales de vida. En lugar de ello se encontró un sólido blanco, politetrafluoretileno, depositado sobre las paredes interiores del cilindro. El proceso fué desarrollado por Du Pont y dos años más tarde

se construyó una planta piloto para producir politetra --
fluoretileno al cual se le denominó comercialmente teflón⁺.

Además del politetrafluoretileno, se conocen tres co
polímeros de éste con propiedades similares, aunque estos
se utilizan en la actualidad en menor escala.

Los copolímeros del politetrafluoretileno son:

1) La resina de fluoretileno-propileno (F.E.P.), también
inventada por Du Pont, y que llegó a comercializarse hasta
1960.

2) La resina TEFZEL* que es un copolímero fluorinado de
etileno y propileno, introducida al mercado por Du Pont
en 1970.

3) La resina de polifenol-alcóxido (P.F.A.), introducida
en 1972.

El empleo de teflón⁺ en equipos de proceso químico
comenzó a fines de la década del 40. Sus primeras aplica-

ciones fueron en juntas obturadoras, empaquetaduras para válvulas, diafragmas de válvulas, bombas, recipientes y - consecuentemente en sistemas de proceso químico completamente revestidos. El desarrollo de los revestimientos fué impulsado considerablemente con el descubrimiento de las resinas y películas teflón⁺ F.E.P. y P.F.A. procesables - por fusión; estas últimas están demostrando ser un valioso descubrimiento en el desarrollo a muchas aplicaciones químicas del teflón⁺.

Para complementar el teflón⁺ P.F.A. y el teflón⁺ --- F.E.P. y satisfaciendo la necesidad de un revestimiento químico más resistente a la radiación y a la abrasión, se ha introducido a la industria de procesamiento químico -- las resinas de fluoropolímero TEFZEL* con excelentes resultados.

* Marca registrada por Du Pont para su resina fluoropolimérica.

C A P I T U L O I I

" LAS RESINAS TEFLON⁺ Y SUS PROPIEDADES " .

2.1 DESCRIPCION DE LAS RESINAS DE FLUOROCARBONO TEFLÓN⁺.

Las resinas teflón⁺ como ya se ha descrito anteriormente, poseen un buen número de propiedades únicas con las que los ingenieros proyectistas están solucionando una gran variedad de problemas prácticos en los diferentes tipos de industrias.

Tenemos que son cuatro las resinas fluoropoliméricas de la familia teflón⁺ y de las cuales nos ocuparemos en este trabajo.

La resina P.T.F.E. posee excepcional resistencia al ataque químico y es insoluble en todos los solventes orgánicos, excepto en algunos raros solventes fluorinados. Esta resina en la actualidad la preparan importantes industrias químicas como son: Du Pont (TEFLON), I.C.I. (FLUON), Hoechst (HOSTAFLON T.F.), Rhone-Poulenc (SOREFLON), Montecatini (ALGOFLON), Nitto Chemical-Japan (TETRAFLON) y Daikin -- Koguo-Japan (POLYFLON).

La resina F.E.P. posee la mayor parte de las propiedades de la resina P.T.F.E., excepto que su temperatura de trabajo es más baja, no obstante puede elaborarse mediante técnicas termoplásticas convencionales.

La resina TEFZEL* puede describirse como un termoplástico levemente rugoso con un excelente balance de propiedades.

La resina P.F.A., es el miembro más reciente de este grupo y que también posee una excelente estabilidad química.

Estas resinas poseen otras muchas propiedades de las anteriormente mencionadas, las cuales se tratarán con detalle individualmente durante el avance de este capítulo.

2.2 PROPIEDADES TERMICAS

La resistencia a la temperatura que ofrecen las resinas teflón⁺(2) es muy importante si tomamos en cuenta que temperaturas superiores a 77°C no son favorables para los componentes de la mayoría de los elastómeros y plásticos, excepto la resina teflón⁺ (P.T.F.E.) la cual resiste temperaturas desde -240°C hasta +260°C en operación continua (3).

Esta importante resistencia que presenta el teflón⁺ (P.T.F.E.) es debido al arreglo molecular que presentan los átomos de flúor que hace que la molécula sea extremadamente tenaz y como consecuencia da que el punto de fusión y la estabilidad térmica sea muy elevada. Esto es por una parte; podemos agregar que el enlace carbono-flúor están unidos a un solo átomo de carbono, la distancia entre los átomos del enlace carbono-flúor se reduce de 1.42 Å a 1.35 Å. Esto explica que la fuerza del enlace sea del orden de 120 Kcal/mol Si tenemos en cuenta que el otro enlace presente en la molécula es el carbono-carbono que también es muy estable. se deduce la elevada estabilidad frente al calor del teflón⁺

(P.T.F.E.) e incluso cuando se calienta por encima de su punto de fusión de 327°C.

Los copolímeros del P.T.F.E. también presentan un importante rango de resistencia a la temperatura, tenemos -- que la resina P.F.A. puede utilizarse en uso continuo desde - 196°C hasta + 260°C, le sigue la resina F.E.P. con una resistencia a la temperatura de - 240°C a + 200°C en uso continuo y por último tenemos la resina TEFZEL* con un rango de resistencia a la temperatura de - 273°C a 200°C.

Como podemos observar esta excelente propiedad del teflón⁺ le da una gran importancia entre otros plásticos para poder ser usado con mayor efectividad en lugares en donde las condiciones de temperatura no permiten el uso de -- cualquier material plástico.

Cuando se calienta un sólido se presentan tres efectos importantes para la ingeniería. El sólido por sí mismo absorbe calor, lo transmite y se expande. El primer efecto se describe por el calor específico C_p , que es la energía

requerida para elevar la temperatura de un gramo de sólido 1°C . El segundo se define como la conductividad térmica ó la energía (calorías) que fluye por segundo desde una cara hasta otra de un cubo de dimensiones de un centímetro con una diferencia de temperatura de 1°C entre las caras. Esta propiedad es muy importante para el teflón⁺ (P.T.F.E.) que la tengamos presente y se hará notar en su oportunidad en el capítulo de piezas especiales, por el momento podemos mencionar que debido a que el teflón⁺ (P.T.F.E.) tiene una baja conductividad térmica debemos tener mucho cuidado cuando lo cortamos ya que el calor que se genera con la herramienta de corte no es disipado con la misma velocidad con la que se corta y se puede tener problemas de excesivo reblandecimiento e incluso descomposición del P.T.F.E. por sobrecalentamiento. El tipo de cuidados que se deben de tener, como ya se mencionó se detallaran en el capítulo IV.

Y el tercer efecto se define como el coeficiente de dilatación térmica; que se describe como el cambio en longitud por unidad de la longitud por $^{\circ}\text{C}$. Esta propiedad también es muy importante tenerla presente al hacer el diseño

de una pieza que requiere ser fabricada en teflón[†] (P.T.F.E.) debido a que por ser un termoplástico la expansión o contracción que sufrirá la pieza por causa de las condiciones de temperatura en que vaya a operar es mayor a la de un metal por ejemplo, entonces debemos considerar esta expansión o contracción con un rango no muy pequeño en sus dimensiones máximas y mínimas requeridas para su uso eficaz, En la industria manejar un intervalo de ± 0.254 mm. es muy aceptable y en ocasiones muy específicas que no se puede utilizar este rango por ser muy grande, lo podemos reducir a un valor de hasta ± 0.076 mm. aunque para lograrlo es más difícil su fabricación, pero esto no quiere decir que sea imposible y teniendo un buen control se obtienen excelentes resultados.

Por lo tanto es importante conocer los valores de estas propiedades y compararlas con materiales más conocidos para el Ingeniero Químico y de uso más frecuente para tener una idea de la magnitud de cada uno de los valores de la resina teflón[†] (P.T.F.E.).

A continuación se presentan los valores de las propiedades térmicas del teflón[†] (P.T.F.E.) y otros materiales - plásticos también muy utilizados y metales.

NOTA: Para la conversión de unidades de datos de tablas y utilizados en el desarrollo de este trabajo; consultar la tabla de equivalencias localizada después del apéndice.

TABLA DE PROPIEDADES TERMICAS DE PLASTICOS Y METALES.

PLASTICOS	CALOR ESPECIFICO (Cp) BTU/Lb°F	CONDUCTIVIDAD TERMICA ² BTU/hrft ² /ft	COEFICIENTE DE DI- LATAACION TERMICA 10 ⁻⁵ /°F
P.T.F.E. (4)	0.25	0.14	5.5
F.E.P.	0.25	0.11	8.3 - 10.6
P.F.A.	-	-	7.6 - 11.5
TEFZEL	0.46 - 0.47	0.137	7.6
POLIETILENO:			
BAJA DENSIDAD	0.55	0.19	8.9 - 11.0
ALTA DENSIDAD	0.46 - 0.55	0.19	8.3 - 16.7
ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)	0.35 - 0.38	0.08 - 0.12	4.1
CLORURO DE VINILIDENO	0.32	0.053	8.78
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	-	0.07 - 0.10	2.8 - 3.3
BUTIRATO ACETATO DE CELULO SA (CAB)	0.30 - 0.40	0.10 - 0.19	6.0 - 9.0
NYLON	0.30 - 0.50	0.14	5.5
POLIPROPILENO	0.46	0.08	6.2
METALES			
ACERO AL CARBONO	0.107	30	0.67
HIERRO MALLEABLE	0.122	-	0.66
ACERO INOXIDABLE	0.12	9.4	0.94
COBRE	0.092	225	0.93
ALUMINIO	0.23	125.8	1.31
PLOMO	0.030	20	1.64
TITANIO	0.129	9.5	0.5
ORO	0.056	171.6	0.79
ESTANO	0.0954	35.6	1.28
PLATA	0.056	241.6	1.06

NOTA: DATOS OBTENIDOS DE: MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO 5^o ED. PERRY & CHILTON

2.3 PROPIEDADES QUIMICAS

Este punto es uno de los que se pueden considerar de los más importantes de las resinas teflón⁺(3) ya que al ser comparadas con otros materiales, se encuentra -- que tienen una notable ventaja sobre ellos. No obstante como sucede con muchas generalizaciones de esta clase, en ocasiones es preciso modificar, limitar y hacer distinciones.

Sin embargo teniendo presentes las características fundamentales de las resinas teflón⁺ y su comportamiento se pueden evitar confusiones en cuanto a los usos que se les pueden dar.

Por ejemplo, las resinas teflón⁺ pueden sumergirse en agua regia sin sufrir ningún daño. Pero si las resinas teflón⁺ se usan de un espesor muy delgado para proteger el acero de los vapores del HCl, cantidades infinitesimales de este gas altamente corrosivo pueden finalmente permear la resina, atacar el acero y corroerlo.

Es obvio, entoces que cuando se habla de las propiedades químicas del teflón⁺ se está haciendo la distinción entre las reacciones estrictamente químicas, expresadas con referencia a "compatibilidad química" y -- las acciones físicas tales como la "absorción" combinada con esfuerzos mecánicos y térmicos y la "permeabilidad".

Por compatibilidad química (es decir, inercia o resistencia química) se quiere decir que las resinas de fluorocarbono teflón⁺ pueden permanecer continuamente en contacto con otras sustancias sin que ocurra reacción química o degradación de ninguna clase.

Tanto la resina de teflón⁺ (P.T.F.E.) como las resinas (F.E.P.), (P.F.A.) y TEFZEL* son químicamente inertes con respecto a esencialmente todos los solventes y sustancias químicas industriales.

Dentro de las temperaturas normales de uso, las resinas teflón⁺ son atacadas por tan pocos productos quí-

micos que resulta más práctico describir excepciones -- que tabular los productos con los que son compatibles. Entre estos se cuentan los reactivos oxidantes y agentes reductores más violentos que se conocen.

Tal compatibilidad química casi universal proviene de tres causas:

- 1) Los sumamente fuertes enlaces atómicos, carbono-carbono y carbono-flúor.
- 2) La casi impenetrable pantalla que dan alrededor del núcleo de carbono del polímero los átomos de flúor.
- 3) El muy alto peso molecular (es decir, la larga cadena polimérica) comparado con el de muchos otros polímeros.

El teflón⁺ (P.T.F.E.) solo es sensible, a temperatura ambiente a los metales alcalinos fundidos y, en algunos casos al flúor, aunque esta sensibilidad es aprovechada para obtener piezas de superficie tratada con

la cual podemos adherir estas resinas a otros materiales con resinas epoxi; esto se logra preparando una solución de sodio metálico en amoníaco líquido. Los otros metales alcalinos (potasio, litio, etc.) reaccionan en forma similar.

Las mezclas íntimas de polvos metálicos finamente divididos (tales como el aluminio o el magnesio) con -- las resinas de fluorocarbono en polvo pueden reaccionar violentamente bajo ignición, pero las temperaturas de ignición son muy superiores a la temperatura máxima de servicio recomendada para las resinas teflón⁺.

Los oxidantes extremadamente fuertes, como el flúor (F_2) y compuestos relacionados (como el trifluoruro de cloro ClF_3) pueden usarse con teflón⁺ solamente con -- gran precaución y con pleno reconocimiento del posible peligro que representan. El flúor es absorbido por las resinas, haciendo que esta mezcla íntima se vuelva sensitiva a cualquier causa de ignición, tal como el impacto.

En algunas ocasiones, cerca de o a las temperaturas límites de servicio de 260°C para las resinas teflón⁺ - (P.T.F.E.) y (P.F.A.), y 204°C para el teflón⁺ (F.E.P.), se ha informado que algunos productos químicos a altas concentraciones han reaccionado con teflón⁺. Ataques si milares a los del sodio se han producido a esas altas - temperaturas con NaOH o KOH al 80%. los hidruros metálicos tales como los boranos (B_2H_6), cloruro de aluminio, amoníaco (NH_3) y ciertas aminas ($R-NH_2$) e iminas ($R=NH$). También se ha observado un ataque lento de oxidación -- por el ácido nítrico al 70% bajo presión a 250°C. Tales condiciones extremas de reducción y oxidación requieren pruebas especiales.

Con las excepciones indicadas, las resinas teflón⁺ se desempeñan dentro de un amplio campo de variación de condiciones químicas y térmicas. Aunque el técnico o es pecificador que va a utilizar las resinas teflón⁺ debe- rá también conocer y comprender sus limitaciones en los medios ambientes químicos más corrientes. Diferente de las limitaciones, en el caso de los metales, éstos no -

son normalmente de naturaleza química sino física. Los efectos de la temperatura, presión y absorción de los productos químicos en el teflón⁺, así como sus interacciones son las que generalmente limitan las condiciones bajo las cuales el teflón⁺ rendirá un servicio satisfactorio,

Por todo lo anterior podemos decir que las resinas teflón⁺ tienen inercia química (5) casi total porque exhiben una gama de compatibilidad química mucho más amplia que la de cualquier otro material de construcción creado por el hombre.

Para mayor información acerca de las sustancias que son compatibles con las resinas teflón⁺; en el apéndice se muestran las tablas de compatibilidad química para -- las resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) y TEFZEL*.

Y también en el apéndice son mostradas las estructuras químicas de las resinas teflón⁺.

2.4 PROPIEDADES MECANICAS

Las propiedades mecánicas⁽⁵⁾ de un material con el que se va a construir un equipo ó algunas de sus partes son importantes tanto para su elección como para su diseño, ya que deben satisfacer una serie de condiciones de resistencia y rigidez.

En este capítulo se presentará la gama de propiedades mecánicas que poseen las resinas teflón⁺.

Se hará mención de las propiedades más comunes, como son: resistencia a la tracción, resistencia a la fluencia, dureza, módulo de elasticidad, coeficiente de fricción, elongación porcentual y se considerará la influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y RESISTENCIA A LA FLUENCIA.

Es importante distinguir entre resistencia a la tracción y resistencia a la fluencia ya que en materia-

les dúctiles puede haber una diferencia grande entre Estas propiedades, mientras que en los materiales frágiles prácticamente no hay diferencia; para tener más clara esta idea se cita el siguiente ejemplo: el aluminio revenido tiene una resistencia a la tracción de 703.1 - Kg/cm², y una resistencia a la fluencia de 281 kg/cm². Sin embargo el hierro gris tipo 40, tiene un valor para ambas resistencias de 2812 Kg/cm².

En los termoplásticos las mayores resistencias a la tracción se obtienen en grupos que tienen cadenas de carbono rígidas como nylons, acrílicos, acetatos y polí carbonatos. En general los valores de resistencia a la tracción para termoplásticos van desde 35 Kg/cm² hasta 844 Kg/cm². Además la temperatura de distorsión por calor es mayor para polímeros de cadena rígida. La temperatura de distorsión por calor es la temperatura a la cual se produce una deflexión considerable bajo un esfuerzo ligero (18.5 Kg/cm²).

Las resinas termoestables muestran niveles más al-

tos de resistencia a la tracción, en comparación con -- las resinas termoplásticas.

En muchos casos, es más apropiado utilizar como base de comparación la relación de resistencia a la fluencia/densidad. Desde este punto de vista los metales livianos y ciertos plásticos muestran propiedades favorables. Cuando la deflexión es importante se utiliza la relación del módulo de elasticidad a la densidad.

Si ahora se considera que el costo por peso o volumen entre metales y plásticos tiene una estrecha competencia para una misma pieza. En muchos casos es más importante considerar el costo de manufactura en lugar -- del costo del material.

DUREZA

La dureza es una de las propiedades más representativas de un material pero debe tenerse en cuenta que un número o valor de dureza no puede utilizarse directamen

te en trabajos de diseño, como se puede hacer con un valor de resistencia a la tracción por ejemplo, ya que este valor depende del método que se haya utilizado para determinar dicha dureza.

Esta propiedad tiene un rango muy amplio considerando la gran variedad de materiales que existen en el mercado; los cerámicos por ejemplo tienen los materiales más duros tales como el diamante y el carburo de tungsteno, posteriormente en una escala que va de mayor a menor, siguen los metales con valores intermedios y por último los plásticos que tienen los valores más bajos de dureza. Se emplea una escala diferente para cada variedad de materiales; y específicamente para los plásticos se utiliza una escala especial de la prueba de dureza Rockwell, la cual está por debajo de los valores comunes para los metales. En los metales hay una buena correlación entre la dureza y la resistencia, no así en los cerámicos en donde la resistencia real que debería acompañar a los altos valores de dureza no es evidente debido a la fragilidad y existencia de pequeñas grietas

que acompañan a estos materiales. En los plásticos al igual que en los cerámicos no hay una buena correlación entre la dureza y la resistencia al desgaste; por ejemplo, el nylon tiene una buena resistencia al desgaste, sin embargo su dureza no corresponde a ese alto valor de resistencia.

MODULO DE ELASTICIDAD

Esta propiedad es una evidencia de los enlaces interatómicos y, por esta razón los cerámicos que tienen enlaces iónicos y covalentes, presentan los módulos de elasticidad más altos. Siguen los metales que presentan valores intermedios, con enlaces metálicos y por último están los plásticos que tienen los valores más bajos y sus enlaces son covalentes y de Van der Waals. A pesar de que hay fuerzas de enlaces covalentes fuertes dentro de las moléculas de los plásticos, las fuerzas entre moléculas son solo atracciones de Van der Waals.

En general en los metales y en los materiales cerámicos

micos, el módulo de elasticidad es bastante constante a pesar del tiempo del ensayo y a lo largo de una gama de temperatura razonablemente amplia alrededor de la temperatura ambiente. Sin embargo, en los plásticos el módulo cambia drásticamente según el tiempo y la temperatura. También hay una gran diferencia en los módulos entre los plásticos. Aún en un solo material, como el polietileno, el módulo puede variar. Por ejemplo, el polietileno de alta densidad de la forma cristalina tiene un módulo de $8.4 \times 10^2 \text{ Kg/cm}^2$, mientras que las formas ramificadas menos cristalinas muestran un valor de $17.5 \times 10^2 \text{ Kg/cm}^2$. Se debe tener en cuenta que estos valores son cientos de veces más pequeños que los de los metales y los materiales cerámicos. Por lo tanto, se debe tener cuidado si se substituye un plástico por un metal en una pieza muy semejante sujeta a deflexión. Los módulos de los materiales termoestables rígidos son considerablemente mayores que los de los termoplásticos.

COEFICIENTE DE FRICCION

Esta propiedad es otra de las más sobresalientes - del teflón⁺ (P.T.F.E.) ya que posee un coeficiente de fricción excepcionalmente bajo; y ningún otro sólido lo tiene inferior; es por esto que se le considera el material más deslizante de todos los productos sólidos existentes en el mercado. En la bibliografía han aparecido diferentes valores de este coeficiente comprendidos entre 0.02 y 0.1 para fricción entre polímero y polímero.

Esta propiedad es muy explotada en la industria; - por ejemplo cuando se requiere de lubricación de una pieza específica y que al encontrarse en un lugar poco accesible se dificulta la lubricación desde el exterior; es entonces en estos casos cuando se aprovecha que la resina teflón⁺ (P.T.F.E.) además de tener un bajo coeficiente de fricción, es autolubrificante y por lo tanto no requiere de lubricación exterior.

Tanto el coeficiente de fricción estático, como el

dinámico para la resina teflón⁺ (P.T.F.E.) son muy bajos.

<i>Coefficiente de fricción</i>	P.T.F.E.
Estático 2.4 Kg/cm ²	0.08
Dinámico 2.4 Kg/cm ² ; vel. 0.76 m/s	0.1

ELONGACION PORCENTUAL

Hay dos formas de emplear el valor de elongación porcentual. Un valor alto (> 20%) indica que el material puede ser trabajado en frío y luego se le puede dar forma. Segundo la elongación junto con la resistencia a la fluencia, es una medida de la tenacidad. En muchas ocasiones se consideran valores altos de la elongación como factor de seguridad. Aunque debe tenerse en cuenta que muchas fallas ocurren por fatiga, en donde la ductilidad no está involucrada directamente.

En general cuando se ensayan los termoplásticos a su temperatura de transición o por debajo de ella, se obtiene una alta elongación. Además la alta deformación

tenderá a producir una baja elongación.

Los termoplásticos muestran los valores más altos de elongación.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS.

Hay una variación bastante grande en el grado en el cual el módulo de elasticidad decae con la temperatura para un valor de deformación determinado, como se muestra en la figura 2.4.1.. Las cadenas que tienen el esqueleto más sencillo de carbono como el polietileno, decaen bruscamente, mientras que estructuras complejas como el policarbonato y el ABS se mantienen bastante bien a medida que la temperatura aumenta.

Como sucede con otros materiales plásticos, la influencia de la temperatura sobre las propiedades mecánicas del teflón⁺ (P.T.F.E.) es muy considerable. Esta influencia se aprecia en la figura 2.4.2 que se refiere a la tensión a la rotura y al alargamiento a la rotura; -

incluso a 20°C el P.T.F.E. sin materiales reforzadores tiene una fluencia viscoelástica calculable con cargas de compresión bajas, del orden de 21 Kg/cm².

A continuación se muestra la tabla de propiedades mecánicas de las resinas teflón⁺ y otros materiales.

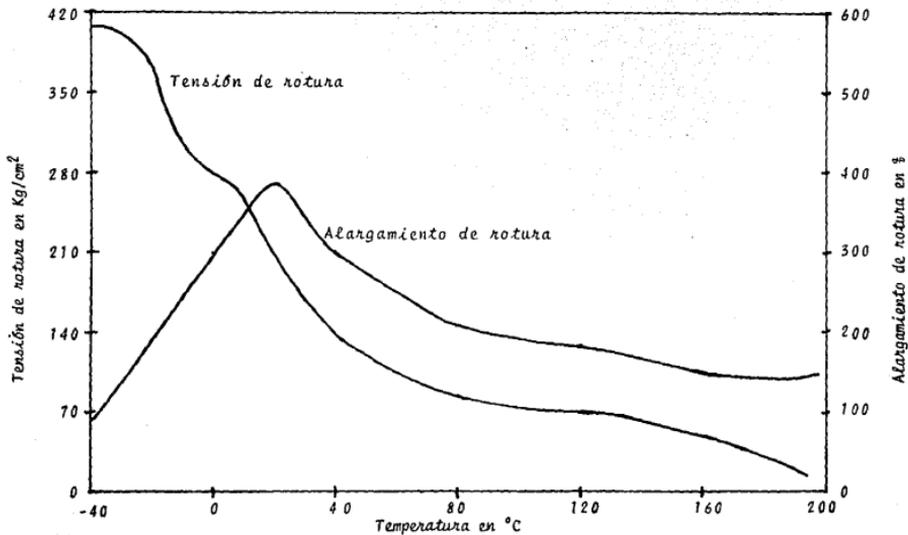


Fig. 2.4.2 Efecto de la temperatura sobre el esfuerzo de rotura y el alargamiento en la rotura del P.T.F.E. (Reproducido con el permiso de la División de Plásticos de I.C.I.).

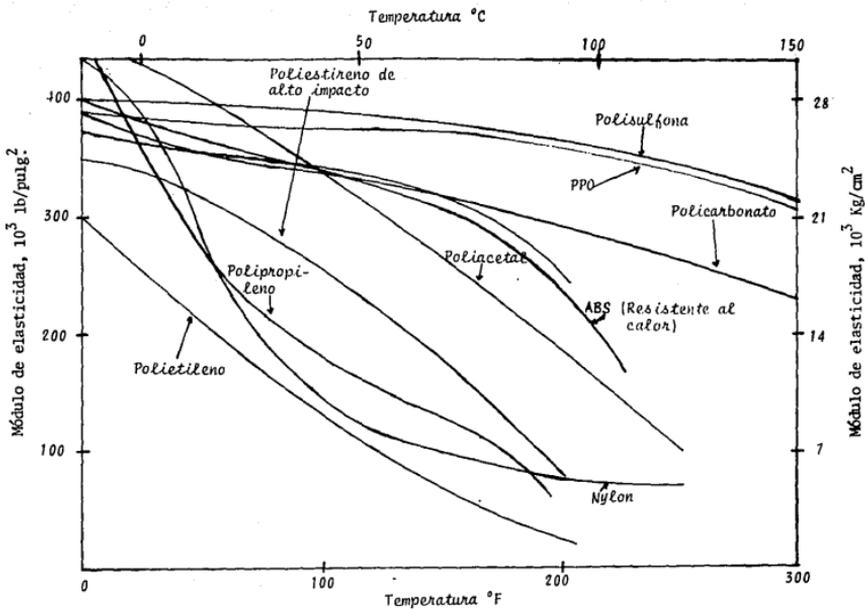


Fig. 2.4.1 Efectos de la temperatura en las propiedades de varias resinas.

TABLA DE PROPIEDADES MECANICAS

PLASTICOS	RESISTENCIA A LA FLEXION (Lb/PULG ²)	RESISTENCIA A LA TRACCION (Lb/PULG ²)	ELONGACION (EN 2 PULG %)	DUREZA ROCKWELL	MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXION x 10 ⁵ (Lb/PULG ²)	MODULO DE ELASTICIDAD EN TENSION x 10 ⁵ (Lb/PULG ²)
ACRILONITRILLO BUT. EST. (ABS)						
DE ALTO IMPACTO	7500-11000	4500-8500	5-100	R85-118	37-45	2.6-2.9
DE EXTRA ALTO IMPACTO	6800-8000	5000-8000	20-50	R85-100	-	2.1-2.6
ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA (CAB)	S/RUPтура	2900-5700	47-66	R79-112	0.93-1.7	-
P.T.F.E.	1600	2500-3500	125-175	R110-115	2-2.5	0.38-0.65
F.E.P.	-	2500-3500	250-350	J75-95	0.6	0.50-0.70
P.F.A.	-	3600	300	D55	0.85	-
TEPEL	-	6500	100-300	R50	2	-
POLIETILENO:						
ALTA DENSIDAD	-	2000	25-400	D60 (SHORE)	90-125	1.2
BAJA DENSIDAD	-	1400-2500	600-725	C73 (SHORE)	13-27	0.21-0.27
CLORURO DE POLIVINILLO						
RIGIDO	12000-16000	5500-9000	5-25	R117	3.8-5.4	3.5-4.0
NYLON	13800	11800	60	M79, R118	4.1	4.1
PROPILENO	8100	5000	500-700	R85-95	1.4-1.7	1.4-1.7
METALES				(BRINELL)		
ACERO AL CARBONO	38000	65000	30	130	300	
ACERO MALLEABLE	33000	62000	12	130	250	
ACERO INOXIDABLE	50000	115000	60	194	286	
COBRE	10000	32000	45	42	-	
ALUMINIO	5000	13000	45	23	-	
PLOMO	1900	2500	50	5	20	
TITANIO	75000	85000	23	200	150	
ORO	-	30000	2	48	-	
ESTANO	-	2100	70	3.9	60	
PLATA	12000	23000	45	30	105	

NOTA: DATOS OBTENIDOS DE: 1) MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO 5a. ED. PERRY & CHILTON
 2) TEFLON⁺ P.F.A. FILM DU PONT
 3) TEFLON⁺ TEPEL FILM DU PONT

2.5 PROPIEDADES ELECTRICAS

CONDUCTIVIDAD

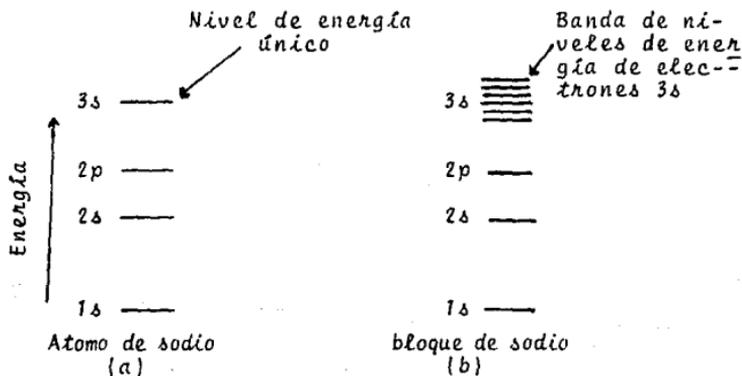
Es necesario que se tenga una idea del por qué existen grandes diferencias en la conductividad en diversos materiales.

Por ejemplo podemos mencionar el magnesio (2.5×10^5 mho/cm) y pensar por qué no tiene mejor conductividad que el cobre y la plata con un electrón de valencia y por qué el silicio con cuatro electrones tiene baja conductividad (4×10^{-6} mho/cm).

Para explicar esto se utiliza el modelo de banda el cual se enfoca en el electrón que está más lejos del núcleo y por lo tanto a un nivel mayor de energía y será el que deja el átomo para formar un gas electrónico.

También se utilizará el principio de exclusión de Pauli el cual sostiene que solamente dos electrones en

un átomo pueden tener el mismo nivel de energía (y que estos tienen espines opuestos). Cuando se tiene un grupo de átomos en un bloque metálico existe la misma tendencia de exclusión. Los electrones que forman el gas electrónico en el sodio, por ejemplo deben tener energías ligeramente diferentes uno del otro. Por lo tanto, en lugar de tener el único nivel de energía de un solo electrón 3s en un átomo aislado de sodio, existe una banda de niveles de energía; de ahí su nombre "teoría de banda".



Desarrollo de una banda de niveles de energía para (a) un solo átomo de sodio, y (b) un bloque de sodio. Los electrones interiores (1s, 2p) están lo suficientemente protegidos de modo que no forman bandas.

Se planteó además que el número de niveles de energía en una banda es igual al número de electrones que -- pueden ocupar el nivel de energía por el número de átomos que están presentes en el bloque. Ello conduce al modelo de la banda de conducción de sodio que tiene un número de "estados" en la banda 3s igual al doble de número de electrones 3s.

Los niveles de energía o estados en la parte superior de la banda tienen mayor energía. Debido a que hay únicamente un electrón 3s por átomo de sodio y el número de estados es igual al doble del número átomos, se encontrará que la mitad de los estados no están ocupados. Como los estados más altos tienen mayor energía se puede esperar que en el cero absoluto únicamente la mitad inferior de los estados estuviera ocupada. A medida que se calienta el metal, algunos electrones tendrán mayor energía y dejarán desocupados los estados inferiores. Para continuar explicando el modelo, es necesario definir el nivel de Fermi (E), donde la probabilidad de resistencia de un electrón de conducción de un estado es de 0.5. En

otras palabras al nivel Fermi la mitad de los estados - están ocupados y hay tantos estados ocupados por encima de este nivel como estados desocupados por debajo de él.

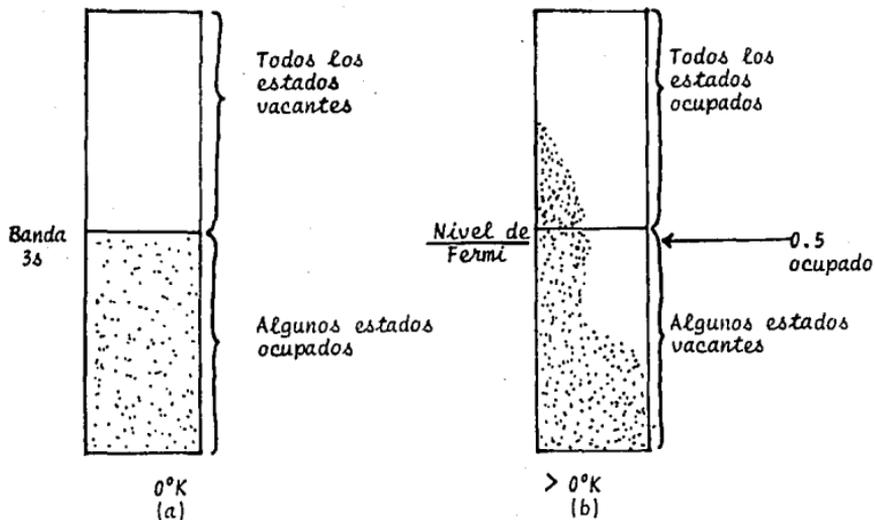
Volviendo al sodio se explica la conductividad afirmando que los electrones en la banda 3s pueden moverse fácilmente para ocupar los estados vacíos en la banda. Por lo tanto, cuando se aplica un potencial eléctrico, se acelera el electrón y actúa como un portador de carga.

El aspecto importante es que en un metal monovalente hay una banda de energía que está medio llena y los electrones en la parte superior de la banda pueden ser energizados y acelerados fácilmente debido a que hay estados cercanos de nivel superior libres.

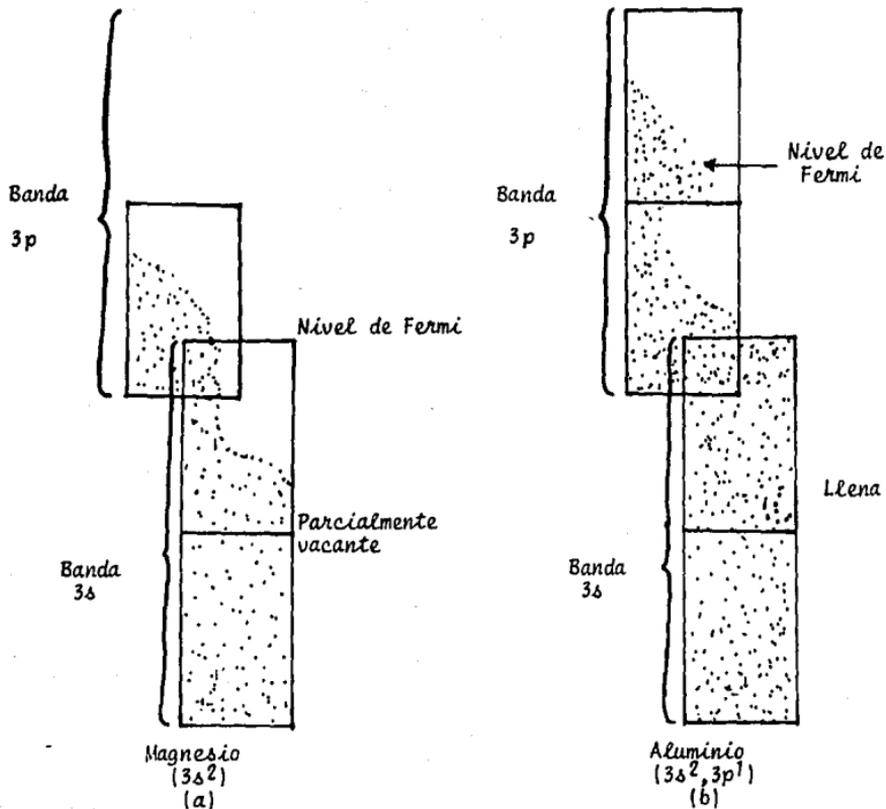
Y para explicar el caso de la conductividad del magnesio con dos electrones de valencia se utiliza el principio de exclusión de Pauli, se podría calcular que todos los sitios de la banda 3s por ejemplo, podrían lle-

narse porque tenemos dos electrones de valencia por átomo y como no hay sitios adyacentes vacíos el elemento sería un aislante.

El factor que salva la situación es que los niveles de energía en la banda 3p traslapan la banda 3s; así tenemos series continuas de estados posibles. Los electrones se pueden acelerar dentro de los niveles superiores de la banda combinada y servir como conductores. Sin embargo el magnesio no es tan buen conductor como el sodio debido a la complejidad que acompaña al movimiento del electrón cuando hay traslape de las bandas 3s y 3p.



Vista esquemática ampliada de la banda 3s del sodio a 0°K (a), y (b) a mayores - temperaturas.



Vista esquemática de las bandas 3s y 3p en metales bivalentes y trivalentes.

PROPIEDADES DIELECTRICAS

El empleo de un material aislante involucra dos factores principales: la resistencia a la descarga y la gama útil de temperatura. Por debajo de 90°C se emplea algodón, seda y muchos plásticos. Los rellenos inorgánicos tales como la mica y los asbestos se emplean con plásticos hasta los 130°C. La gama se puede extender con el silicio hasta 180°C. Por encima de esta gama los materiales inorgánicos tales como la mica, porcelana y vidrio son necesarios. Es evidente que a las temperaturas normales de operación solo la mica excede a los plásticos. Sin embargo los plásticos pueden absorber agua lo cual rebaja el voltaje de ruptura y esto se debe tener en cuenta para su aplicación. Por lo tanto el voltaje de ruptura está gobernado por un número complejo de factores internos y ambientales.

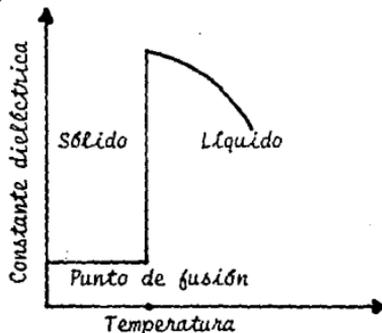
CONSTANTE DIELECTRICA.

El valor de la constante dieléctrica depende de la

capacidad del material para reaccionar y orientarse por sí mismo en el campo. Mientras mayor sea la reacción, - mayor será la energía almacenada y por lo tanto mayor - será la constante dieléctrica. El comportamiento dieléctrico puede resultar de los siguientes efectos:

- 1) **Polarización electrónica.** Está presente en todos - los dieléctricos. Las posiciones del electrón alrededor de los átomos estarán afectadas por el campo y esto se lleva a cabo muy rápidamente.
- 2) **Polarización iónica.** Los iones de signo opuesto se mueven elásticamente debido al efecto del campo. Esto también es rápido y ocurre únicamente en los sólidos iónicos.
- 3) **Orientación de las moléculas.** Cuando están presentes moléculas asimétricas (polares) su orientación cambia debido al campo. Esto también es rápido y ocurre en los sólidos iónicos.
- 4) **Carga espacial.** Es el desarrollo de carga en la superficie de separación de las fases.

De todos estos efectos la orientación de las moléculas contribuye en gran parte a las diferencias en la constante dieléctrica. A modo de ejemplo, una carga mucho más grande puede formarse sobre las placas de un condensador si se coloca un material bipolar fuerte entre las placas. En otras palabras el material con un dipolo fuerte tiene una constante dieléctrica mayor. Un razonamiento similar sugiere que los líquidos tendrán mayores constantes dieléctricas que los sólidos puesto que la polarización o la orientación dipolar es más fácil. Este efecto se muestra esquemáticamente en la siguiente figura.



Variación de la constante dieléctrica con la temperatura (polímero cristalino polarizable).

Los polímeros tienen las mismas características - generales. Los polímeros amorfos no están unidos fueretemente como los polímeros cristalinos. Por lo tanto, los polímeros dipolares amorfos se alinean más fácilmente, dando una constante dieléctrica mayor. Los polímeros cristalinos muestran un gran aumento en la constante dieléctrica en su punto de fusión.

El efecto de la frecuencia es diferente para diversos materiales. Los pequeños movimientos físicos que se encuentran con la polarización electrónica e iónica, sugieren que estos cambios se llevan a cabo sobre una amplia gama de frecuencias. Sin embargo este no es el caso para el movimiento dipolar de las moléculas. Generalmente la constante dieléctrica disminuye a medida que - la frecuencia aumenta, debido a que se hace más difícil para el dipolo el desplazamiento a frecuencias más altas.

Si se logra una frecuencia que produzca un ligero desplazamiento cada vez se puede tener un calentamiento

dieléctrico debido a la pérdida de energía en cada ciclo. Este fenómeno se ha utilizado en la industria en aplicaciones tales como el fraguado de pegamentos en la fabricación de muebles y recientemente se le ha encontrado uso doméstico. Puesto que la mayoría de los alimentos que se consumen están compuestos de moléculas orgánicas con dipolos (por ejemplo las proteínas y el agua) se hace posible "cocinarlas desde adentro" rápidamente al exponerlos a frecuencias adecuadas, que emiten los hornos de microondas.

Ahora hablando de las propiedades eléctricas del teflón⁽³⁾ tenemos que como aislante eléctrico el P.T.F.E. es un material relevante dentro de un amplio intervalo de temperaturas y frecuencias. La resistividad de volumen⁽⁶⁾ es superior a 10^{18} . El factor de potencia es despreciable a temperaturas comprendidas entre -60 y +250°C y a frecuencias de hasta 10^{10} c/s. La constante dieléctrica del P.T.F.E. es baja e independiente de la frecuencia. Precisamente el único efecto de la temperatura es la de afectar la densidad, lo que lleva consigo

una alteración de la constante dieléctrica de acuerdo con la relación:

$$\text{Constante dieléctrica} = \frac{1 + 0.238D}{1 - 0.119D}$$

Donde; D= Peso específico.

Sin embargo el hecho de que el P.T.F.E. mantenga el mismo valor para la constante dieléctrica en un amplio intervalo de frecuencias es favorable debido a que no va a sufrir calentamiento alguno el material por este efecto y de esta manera podemos ocuparnos de controlar la temperatura para asegurar tener un valor constante y de esta manera no tener problemas.

2.6 PROPIEDADES FISICAS

ABSORCION

En contraste con los metales, los plásticos y elastómeros absorben cantidades variables de las sustancias con las que hacen contacto especialmente los líquidos orgánicos. La absorción en el teflón⁺(3) es excepcionalmente baja y una reacción química entre el plástico y las otras sustancias es una rareza (con las pocas excepciones mencionadas previamente en el punto de propiedades químicas). Sin embargo cuando la absorción se combina con otros efectos, esta propiedad puede alterar el comportamiento de estas resinas en un medio químico dado. Por ejemplo de ocurrir rápidas fluctuaciones de temperatura o presión éstas pueden crear condiciones físicamente perjudiciales. La más amplia variedad de temperaturas de servicio de las resinas teflón⁺ las expone a este tipo de daño físico más frecuentemente que a los otros plásticos.

A manera de explicación se considera la pueba del "ciclo de vapor" descrito en las normas ASTM' para tuberías recubiertas. Muestras de tubos revestidos son sometidas a una presión de vapor de 0.8 MPa, alternando con agua fría a baja presión, produciendo severas variaciones de presión y temperatura. Esto se repite durante cien ciclos. El vapor crea un gradiente de presión y temperatura en el revestimiento que causa la absorción de una pequeña cantidad de vapor, el que se condensa en agua dentro de las paredes del re-estimiento. Al eliminarse la presión, o al volverse a introducir presión, el agua atrapada puede pasar a fase vapor, causando la formación de un microporo. La aplicación repetida de ciclos de presión y temperatura agranda los microporos -- causando finalmente la formación de ampollas de agua -- dentro del revestimiento. Las normas ASTM hacen observar que estas ampollas no afectan adversamente el comportamiento del revestimiento en la tubería, el espesor de la barrera química permanece aun intacto.

'ASTM F-423 'Tuberías y accesorios de metales ferrosos revestidos con plásticos de politetrafluoretileno (P.T.F.E.) y ASTM 546 'Tuberías y accesorios de metales ferrosos, revestidos con plásticos de copolímeros de perfluoro etileno-propileno (F.E.P.).

Igualmente en un proceso real el componente plástico puede absorber los fluidos de proceso y los ciclos repetidos de temperatura o presión pueden entonces -- producir ampollas. Este hecho puede sorprender a las -- personas ya familiarizadas con la inactividad química del teflón⁺. Este efecto de formación de ampollas no se observa en los metales debido a que estos dallas por corrusión principalmente. Muy pocas veces se observa la - formación de ampollas en la mayoría de los otros plásticos y elástómeros debido a que las temperaturas de ebullición de los productos químicos líquidos son generalmente más altas que las temperaturas de trabajo de la - mayoría de los plásticos; ya que como se mencionó en el punto 2.2 de este capítulo temperaturas mayores de 77°C no son favorables para la mayoría de los plásticos y -- elástómeros. Por lo tanto este efecto es nuevo para la mayoría de los técnicos en corrosión e ingenieros pro-- yectistas por lo que se hace necesario tener nuevos conocimientos acerca de las resinas teflón⁺ para la correcta selección, diseño y uso de estos fluoropolímeros.

Hay medidas correctivas que reducen la severidad de formación de ampollas. El aislamiento térmico en un tubo o recipiente revestidos reduce el gradiente de temperaturas en el revestimiento de teflón⁺, impidiendo a menudo la condensación y expansión subsiguiente de los -- fluidos absorbidos. También reduce la rapidez y magnitud de los cambios de temperatura, disminuyendo así la forma ción de ampollas. Consecuentemente al reducir los gra- dientes térmicos y de concentración en la resina, el -- aislamiento puede constituir una medida protectora de muchos casos. Puede obtenerse protección adicional uti- lizando procedimientos operativos o dispositivos que li- miten la rapidez de reducciones de presión en el proceso o de aumentos de temperatura.

Pueden ocurrir efectos relacionados con materiales de proceso que pueden ser absorbidos y posteriormente - reaccionen, se descompongan o solidifiquen dentro del - plástico mismo. La retención prolongada de los productos químicos absorbidos puede causar su descomposición den- tro del componente de fluorocarbono. Similarmente los

monómeros absorbidos pueden polimerizarse. Aunque estos casos son raros pueden suceder.

Las tablas I y II muestran que la absorción es una función de la temperatura y la presión. La tabla III -- muestra los aumentos en peso de las resinas teflón⁺ -- (F.E.P.) y (P.F.A.) sumergidas en productos químicos representativos a sus temperaturas de ebullición; la resina P.T.F.E. es igualmente resistente.

Las tablas I y III también muestran que la absorción de materiales iónicos inorgánicos incluyendo ácidos y álcalis son muy bajas. Los solventes de hidrocarburos a sus temperaturas de ebullición son absorbidos hasta aproximadamente 1% y la absorción de los solventes halogenados (como el tetracloruro de carbono) son algo más altas. Esto es atribuido normalmente a la estrecha relación química existente entre los materiales halogenados y las resinas de fluorocarburo, lo que resulta en una mayor afinidad entre moléculas.

TABLA I EXPOSICION DE LAS RESINAS TEFLON⁺ A LOS ACIDOS Y BASES

REACTIVO	TEMPERATURA DE EXPOSICION °C (°F)	TIEMPO DE EXPOSICION	ALUMENTO DE PESO EN %
ACIDO CLORHIDRICO 10%	25 (77)	12 meses	0
	50 (122)	12 meses	0
	70 (158)	12 meses	0
	100 (212)	8 horas	0
	200 (392)	8 horas	0
ACIDO NITRICO 10%	25 (77)	12 meses	0
	70 (158)	12 meses	0.1
ACIDO SULFURICO 30%	25 (77)	12 meses	0
	70 (158)	12 meses	0
	100 (212)	8 horas	0
	200 (392)	8 horas	0.1
HIDROXIDO DE SODIO 10%	25 (77)	12 meses	0
	70 (158)	12 meses	0.1
	100 (212)	8 horas	0
HIDROXIDO DE AMONIO 10%	25 (77)	12 meses	0
	70 (158)	12 meses	0.1

TABLA II EXPOSICION DE LAS RESINAS TEFLON⁺ A SOLVENTES.

SOLVENTE	TEMPERATURA DE EXPOSICION °C (°F)	TIEMPO DE EXPOSICION	ALMENTO DE PESO EN %
ACETONA	25 (77)	12 meses	0.30
	50 (122)	12 meses	0.4
	70 (158)	2 semanas	0
BENCENO	78 (172)	96 horas	0.5
	100 (212)	8 horas	0.6
	200 (392)	8 horas	1.0
TETRACLORURO DE CARBONO	25 (77)	12 meses	0.6
	50 (122)	12 meses	1.6
	70 (158)	2 semanas	1.9
	100 (212)	8 horas	2.5
ALCOHOL ETILICO (95%)	200 (392)	8 horas	3.7
	25 (77)	12 meses	0
	50 (122)	12 meses	0
	70 (158)	2 semanas	0
ACETATO DE ETILO	100 (212)	8 horas	0.1
	200 (392)	8 horas	0.3
	25 (77)	12 meses	0.5
TOLUENO	50 (122)	12 meses	0.7
	70 (158)	2 semanas	0.7
	25 (77)	12 meses	0.3
	50 (122)	12 meses	0.6
	70 (158)	2 semanas	0.6

TABLA III

**ABSORCION DE LIQUIDOS REPRESENTATIVOS EN LAS RESINAS
DE FLUOROCARBONO TEFLON[®] F.E.P. Y P.F.A. (1)**

 168 horas de exposicion a los solventes, a sus temperaturas de ebullición⁽²⁾

	TEMPERATURA		INTERVALO DEL
	°C	°F	AUMENTO DE PESO EN %
ANILINA	185	365	0.3 - 0.4
ACETOFENONA	201	394	0.6 - 0.8
BENZALDEHIDO	179	354	0.4 - 0.5
ALCOHOL BENZILICO	204	400	0.3 - 0.4
n-BUTILAMINA	78	172	0.3 - 0.4
TETRACLORURO DE CARBONO	78	172	2.3 - 2.4
SULFOXIDO DE DIMETILO	190	372	0.1 - 0.2
FREON* 113	47	117	1.2 ⁽³⁾
ISO-OCTANO	99	210	0.7 - 0.8
NITROBENCENO	210	410	0.7 - 0.9
PERCLOROETILENO	121	250	2.0 - 2.3
CLORURO DE SULFURIO	68	154	1.7 - 2.7
TOLUENO	110	230	0.7 - 0.8
TRI-BUTIL FOSFATO	200 ⁽⁴⁾	392	1.8 - 2.0
168 horas de exposición a los ácidos reactivos			
BROMO (ANHIDRO)	22	(-5)	0.5 ⁽³⁾
CLORO (ANHIDRO)	120	248	0.5 - 0.6
ACIDO CLOROSULFONICO	150	302	0.7 - 0.8
ACIDO CROMICO, 50%	120	248	0.00 - 0.01
CLORURO FERRICO 25%	100	212	0.00 - 0.01
ACIDO CLORHIDRICO, 37%	120	248	0.00 - 0.03
ACIDO FOSFORICO (CONCENTRADO)	100	212	0.00 - 0.01
CLORURO DE ZINC, 25%	100	212	0.00 - 0.03

NOTAS SOBRE LAS TABLAS I Y II

- Muchas de las evaluaciones de laboratorio fueron hechas a la temperatura de ebullición de las sustancias químicas. Estas no deben considerarse como las temperaturas más altas para el uso de las resinas teflón⁺ en tales ambientes, ya que tales temperaturas pueden ser - mucho más altas.

- Estos son esencialmente valores de equilibrio - de los ensayos. Tiempos de exposición adicionales no -- aumentarían estos valores significativamente.

Los cambios de peso menores de 10.2% no se consideran experimentalmente significativos.

- Los valores son sólo promedios de pruebas y no deberán usarse como especificaciones.

-Las pruebas a temperatura superior a la de ebullición del reactivo se hicieron en una cámara cerrada y - consecuentemente a su propia presión de vapor.

NOTAS SOBRE LA TABLA III

1) No existen diferencias significativas entre las resinas F.E.P. y la P.F.A. en estas pruebas.

2) Estos son fundamentalmente valores de equilibrio. Mayores tiempos de exposición no producirán importantes aumentos de valores.

3) Valores correspondientes a la resina P.F.A. Úncamente.

4) Sin ebullición.

Estos valores son únicamente promedios de ensayos y no deben considerarse como especificaciones.

PERMEABILIDAD

La permeabilidad es un factor íntimamente relacionado con la absorción, pero es también una función de

otras variables físicas tales como la difusión y temperatura. Durante más de 20 años de experiencia con tuberías revestidas interiormente con teflón[†], el número de fallas atribuidas a la permeabilidad de un vapor corrosivo seguida de la corrosión de la pieza de soporte ha sido notablemente bajo. Un espesor de revestimiento de 1.27 a 6.35 mm. necesario para la conservación de la resistencia física a altas temperaturas, reduce la permeabilidad a tal punto que normalmente es considerada de menor importancia.

Según Harvey E. Athinson "debido a que la permeabilidad es afectada por tantas variables, es un error usar valores obtenidos en el laboratorio con películas delgadas hechas con el polímero como base de partida para la selección de los polímeros de fluorocarbono a utilizarse con revestimientos. Salvo raras excepciones las diferencias de permeabilidad entre fluoroplásticos influyen poco sobre el rendimiento de las cañerías y equipos prefabricados. Esto depende principalmente -- del diseño, fabricación y control de calidad"[‡]. Por esta

‡ "Revestimientos de fluoroplásticos para usos corrosivos" por Harvey E. Atkison, consultor en jefe de materiales del departamento de Ingeniería de la compañía Du Pont. Chemical Engineering del 25 de Diciembre de 1972.

razón la variable de mayor importancia es generalmente la absorción ya que ésta es la propiedad más indicativa de la utilidad de una resina de fluorocarbono en un medio químico dado.

Con revestimientos interiores no adheridos, es importante que el espacio entre el revestimiento y miembro de soporte tenga respiraderos que den a la atmósfera para permitir no sólo la expulsión de las pequeñas cantidades de vapores permeados sino también para impedir que la expansión del aire atrapado colapse el revestimiento. Estos respiraderos usados para las pruebas de control de calidad de tuberías revestidas y como dispositivos de seguridad, sirven también para indicar fugas en caso de estar averiado el revestimiento.

El colapso del revestimiento es frecuentemente -- atribuido a la permeabilidad cuando en realidad la causa principal es la formación de vacío en el flujo de elaboración.

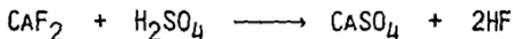
C A P I T U L O I I I

" METODO DE OBTENCION DE LA RESINA TEFLON⁺ P.T.F.E. "

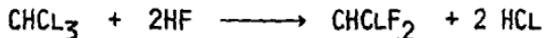
3.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA RESINA TEFLON* (P.T.F.E.)

El tetrafluoretileno fue preparado por vez primera en 1933⁽⁷⁾. Su síntesis comercial más frecuente parte del espato-flúor, ácido sulfúrico y cloroformo.

La reacción del espato-flúor (CaF_2) con el ácido sulfúrico produce ácido fluorhídrico.

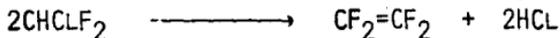


Del tratamiento del cloroformo (obtenido con metanol y cloro) con ácido fluorhídrico, se obtiene el monoclорodifluormetano, que es un gas con punto de ebullición de -40.8°C .



La transformación del monoclорodifluormetano en tetrafluoretileno se realiza por pirólisis, catalizada con oxígeno pasando los gases por un tubo de platino a

a la temperatura de 700°C.



En la pirólisis se producen también otros productos fluorados de los que algunos de estructuras cíclicas son muy tóxicos. Con el fin de obtener el monómero puro como requiere la polimerización, se lava primeramente el gas con sosa para separar posibles residuos de ácido clorhídrico; el resto de las impurezas se separa por destilación (el punto de ebullición de tetrafluoretileno es de -76.3°C).

El almacenamiento del gas bajo presión en condiciones de absoluta seguridad, requiere que el contenido de oxígeno sea inferior a 20 p.p.m. para evitar una polimerización violenta del monómero. Se pueden utilizar como estabilizadores sustancias que reaccionan perfectamente con el oxígeno: dipenteno, benzaldehído o metacrilato de metilo en concentración del 0.5%.

POLIMERIZACION

Si el tetrafluoretileno está libre de inhibidor, que puede ser cualquiera de los estabilizadores anteriormente mencionados; entonces puede tener lugar una polimerización violenta incluso a temperaturas inicialmente inferiores a la ambiente. Los detalles de la polimerización comercial de este monómero son muy poco conocidos, pues no se ha publicado casi ninguna información. Según un ejemplo de patente la polimerización se lleva a cabo en un reactor plateado que se carga -- hasta un cuarto de su capacidad, con una solución compuesta por 0.2 partes de persulfato amónico, 1.5 partes de bórax y 100 partes de agua; el pH de la solución debe ser 9.2. Una vez cerrado y evacuado el reactor, se introducen 30 partes del monómero. Se agita durante una hora a 80°C y una vez frío se obtiene un rendimiento en polímero del 86%.

En general, hay dos procedimientos comerciales para la preparación del P.T.F.E.. Uno de ellos produce -

el llamado polímero granular; en el otro se obtiene una dispersión del polímero; las partículas así obtenidas son mucho más finas que en el primer procedimiento; el peso molecular es por el contrario más bajo, Un método correspondiente al segundo de los procedimientos generales mencionados, utiliza un 0.1% de solución acuosa de peróxido disuccínico. La reacción tiene lugar a temperaturas de hasta 90°C.

3.2 METODO DE MOLDEO DE RESINAS GRANULARES P.T.F.E.

Para empezar es importante mencionar que tanto el P.T.F.E. como sus copolímeros F.E.P., P.F.A. y TEFZEL* presentan varios grados⁽⁷⁾ de resinas granulares tipo dispersión y polvo fino.

Los métodos de fabricación con teflón⁺ varían según el tipo de resina. En este trabajo de tesis sólo se tratan los procedimientos usados para transformar las resinas P.T.F.E. tipo granulares.

Con las resinas granulares se fabrican miles de objetos que se utilizan para fines industriales. La industria química depende de equipos con revestimiento, juntas de hermeticidad, cojinetes etc. hechos a partir de las resinas P.T.F.E.

Cuando son fundidas las resinas de fluorocarbono P.T.F.E. tienen una viscosidad tan alta que se parecen a un gel gomoso. Es impracticable la extrusión. Las --

técnicas utilizadas son semejantes a aquéllas utilizadas en las industrias de cerámica y metalurgia de polvo.

El procedimiento básico de moldeado consiste en dos etapas principales: "Premoldeado" y "Horneado". Durante el premoldeado, el polvo de moldear es comprimido a presión hasta tener casi la forma de la pieza final. Durante el horneado, el premoldeado es calentado en un horno a una temperatura mayor que la del gel para que las partículas de la resina se vuelvan coalescentes.

Finalmente un grado controlado de enfriamiento -- partiendo del estado de fusión puede ser empleado para proporcionar algunas propiedades en formas de bajo espesor.

Las resinas granulares de fluorocarbono teflón⁺ P.T.F.E. utilizadas para moldear están numeradas en la tabla I.

TABLA I - Resinas granulares para moldear -
Propiedades típicas.

TIPO DE RESINA TEFLON ⁺	7A	7C	8	8A
Tamaño medio de la partí- cula, micrómetros	35	30	575	500
Densidad aparente del polvo, g/l	475	275	720	700
Contracción del molde %				
a 13,8 MPa	5.3	8.0	3.7	3.9
a 34.5 Mpa	3.3	5.8	2.9	2.8

El teflón⁺ 8 y 8A son los grados de resinas más -
frecuentemente empleados para el moldeado en general.
Normalmente estos productos son designados como resinas
granuladas o aglomeradas de flujo libre. Cada gránulo -
de 8 y 8A es producido al compactarse muchas partículas
menores de P.T.F.E.. Los gránulos resultantes son sufi-
cientemente fuertes para permanecer enteros durante el
transporte. Pero se despedazan con facilidad durante el
premoldeado. La alta densidad aparente de resinas granu-
ladas permite el uso de moldes más cortos. Son las resi-

nas teflón⁺ 7A y 7C y par a lingotes grandes con los - que se producen cintas se prefiere la resina 7A. Tanto comó el 7C se emplean para producir resinas compuestas por medio de la mezcla con polvos inorgánicos como el - grafito, óxidos metálicos y fibras de vidrio molido. Pa ra algunos productos más pesados como el bronce se prefiere el 7C. Este tipo de resinas, mejor conocidas como teflón⁺ reforzado las mencionaremos en el siguiente capítulo.

Antes de pasar a la descripción del moldeado se -- dan algunas notas sobre los doferentes tipos de resinas granulares de teflón⁺.

NOTAS:

Teflón⁺ 7A. Resina de partículas muy pequeñas para lingotes grandes. La contracción del molde y razón de - compresión son más bajas que las del teflón⁺ 7C. Propie dades dieléctricas y de tracción elevadas.

Teflón⁺ 7C. Semejante al anterior, pero partículas irregulares, por lo tanto mayor contracción.

Teflón⁺ 8. Resina de flujo libre para moldeado en general. Excelente para moldeado en alta velocidad de piezas pequeñas. También para extrusión por vástago de tubería de pares resistente y barras de diámetro grande (> 15.6 mm.)

Teflón⁺ 8A. Semejante al teflón⁺ 8, pero requiere menos presión de premoldeado para producir propiedades iguales, por lo tanto es la resina más adecuada para --moldeado isostático.

MOLDEADO BASICO POR COMPRESION

El moldeo por compresión de resinas granulares -- Teflón⁺ (P.T.F.E.) consiste de dos etapas básicas: PRE-MOLDEADO seguida por HORNEADO. Esto es diferente del --moldeado por compresión más común de plásticos donde estas etapas normalmente se realizan al mismo tiempo. La

tabla II es un bosquejo de una descripción general de -
procedimiento de moldeado.

El premoldeado consiste en compactar el polvo de moldear en una forma que se acerca a la pieza acabada. El premoldeado establece contacto íntimo y entrelazamiento de las partículas de polvo. Un premoldeado realizado con cuidado resiste a la remoción del molde y la colocación en un horno. El premoldeado también retira la mayor parte de aire. El espacio con aire (contenido de vacíos) restante en un premoldeado normal varía entre -- aproximadamente de 4 a 9%, dependiendo de la presión aplicada y hasta cierto punto de la resina utilizada. La remoción del aire y el cierre de vacío adicionales ocurren durante el horneado.

En el horneado, la temperatura del horno se aumenta hasta 366-385°C y se mantiene a esa temperatura hasta que las partículas de la resina se vuelvan coalescentes en una pieza sólida y fuerte. A 342°C de calentamiento, la resina se vuelve un gel no cristalino y transld-

cido. Pero hasta moldeados grandes sin sostén son suficientemente fuertes para mantener la forma. Durante el enfriamiento, la resina vuelve a un estado parcialmente cristalino. El grado de cristalización desarrollado depende del índice de enfriamiento entre 320 y 300°C. La cristalización tiene una influencia importante en muchas propiedades del producto final.

El horneado completa la coalescencia de las partículas de la resina por medio del entrelazamiento molecular. Esto ocurre a temperaturas mayores que 342°C con lo que se produce una pieza fuerte. En segundo lugar, el horneado cierra y reduce aún más el contenido de vacíos. La mayor parte de la expansión ocurre cerca del punto de fusión (o temperatura de gel) de 342°C La expansión volumétrica a esa temperatura es de aproximadamente 20%. Esto genera fuerzas de contacto firme entre las partículas, hasta cuando el horneado de la pieza se hace sin molde. Una vez realizado el enfriamiento, los contenidos vacíos de los moldeados de teflón⁺ 7A ó 7C son normalmente menores que 0.1% y en los de teflón⁺ 8

6 8A son de aproximadamente 0.5% o menos.

EQUIPO

Se pueden utilizar en el premoldeado prensas convencionales capaces de ejercer hasta 562.5 Kg/cm^2 en la resina. Es necesario un buen control de los índices de cierre para el premoldeado. Un índice de cierre lento - permite un escape gradual del aire aprisionado. Se recomiendan índices de cierre tan lentos como 3.8 mm. por minuto para moldeados grandes en las etapas finales de compresión. Al enfriar bajo presión es necesario un índice de cierre más rápido para que la presión sea aplicada antes de que la pieza se enfríe demasiado.

Los hornos deben ser del tipo eléctrico con circulación de aire. Deben estar proyectados para asegurar una temperatura uniforme. Y deben estar equipados con controles automáticos de ciclo y temperatura. Para garantizar una capacidad adecuada, generalmente están regulados para uso hasta 538°C . Para seguridad se requie-

re un interruptor de electricidad completamente separado del control de la temperatura del horno para desconectar todos los calentadores si la temperatura aumenta a más de 415°C. Además el horno debe de estar equipado con una campana arriba de la puerta para llevar afuera el humo que escapa si hay necesidad de abrir el horno durante el horneado.

Los moldes empleados para premoldear resinas P.T.F.E. de neralmente son semejantes a aquello empleados para moldear resinas termoendurecidas o metales en polvo.

C A P I T U L O I V

" OPTIMIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES Y OBTENCION DE
PIEZAS ESPECIALES ".

4.1 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO.

El teflón⁺ reforzado consiste en mezclar el P.T.F.E. virgen con algunos materiales inorgánicos que se usan como reforzadores en los procesos de elaboración de las piezas de teflón⁺ para mejorar ciertas propiedades mecánicas como la rigidez, dureza, resistencia a la compresión, resistencia a la deformación bajo carga, resistencia a la abrasión, reducción a la fluencia; sin embargo al mejorar estas propiedades, se reducen o limitan otras como por ejemplo se puede mejorar la resistencia a la compresión, pero se reduce su resistencia química a los productos que como teflón⁺ virgen es inerte.

Entre los materiales inorgánicos más comunes figuran el grafito, la fibra de vidrio, el bronce, el disulfuro de molibdeno, el níquel y la fibra de vidrio en combinación con el disulfuro de molibdeno.

El teflón⁺ reforzado presenta propiedades diferentes dependiendo del material inorgánico utilizado.

4.1.1 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO/DISULFURO DE MOLIBDENO.

Este teflón⁺ presenta una mejor resistencia al alargamiento, a la tracción, mejoran en forma considerable sus características de aislamiento eléctrico, la resistencia a la compresión, la dureza y la conductividad -- térmica. Disminuyen notablemente la deformación, el coeficiente de dilatación térmica, el factor de desgaste y su coeficiente de fricción.

4.1.2. TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON BRONCE

La resina teflón⁺ cargada con bronce presenta una excelente conductividad térmica, una muy buena resistencia al desgaste, aumenta su resistencia a la compresión y eleva la dureza. Tiene una fluencia muy débil de aproximadamente 3.1 mm de la que presenta el teflón⁺ virgen debido a la adición de bronce la resistencia química se ve severamente reducida, así como la elongación, la deformación y el coeficiente de fricción.

4.1.3 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON DISULFURO DE MOLIBDENO .

El teflón⁺ reforzado con disulfuro de molibdeno, - tiene una buena resistencia a la compresión, aumento en la dureza y un bajo factor de desgaste y de fricción.

4.1.4 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON NIQUEL.

El teflón⁺ con níquel presenta características muy especiales y óptimas como es una baja elongación, mejora con respecto al teflón⁺ virgen su deformación y resistencia a la compresión, aumenta su dureza, el coeficiente de dilatación térmica y la conductividad térmica y disminuye el factor de desgaste, sin embargo el coeficiente de fricción aumenta ligeramente.

4.1.5 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON CARBON/GRAFITO⁽⁸⁾ .

Esta resina teflón⁺ reforzada nos da como resultado un aumento en la resistencia al desgaste, la resistencia a la compresión, la dureza y la conductividad --

térmica. Sin embargo disminuye el esfuerzo a la tensión, el porcentaje a la elongación, el porcentaje a la deformación y el coeficiente de dilatación térmica.

4.1.6 TEFLON⁺ (P.T.F.E.) REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

El teflón⁺ reforzado con fibra de vidrio mejora notablemente las condiciones de resistencia a la fluencia, la resistencia al desgaste, la resistencia a la compresión y la conductividad térmica, pero se ven afectadas la elongación, la deformación y el coeficiente de dilatación térmica.

En la siguiente tabla se muestran los valores de algunas propiedades de la resina teflón⁺ (P.T.F.E.) con diferentes materiales inorgánicos.

ALGUNAS PROPIEDADES DE TEFLON⁺ REFORZADO

PROPIEDAD	P.T.F.E CON FIBRA DE VIDRIO	P.T.F.E CON CARBON/GRAFITO	P.T.F.E. CON BRONCE	P.T.F.E. CON MoS ₂ /FIBRA DE VIDRIO	P.T.F.E. CON MoS ₂	P.T.F.E CON NIQUEL	METODO A.S.T.M
GRAVEDAD ESPECIFICA g/cm ³	2.22	2.05	3.78	2.27	2.20	2.70	D-1457-621
RESISTENCIA A LA TENSION lb/pulg ²	2400	2550	2000	2375	2725	2450	D-1457-621
ELONGACION %	250	109	90	240	240	170	D-1457-621
DEFORMACION %							
78 °F, 2000lb/pulg ² , 24 hr	7.80	2.98	5.3	7.1	10.5	10.0	D621-64
500 °F, 600lb/pulg ² , 24 hr	27.8	10.8	8.4	10.9	19.0	-	
RESISTENCIA A LA FLEXION lb/pulg ²	1275	1200	2000	1350	950	-	D790-59
RESISTENCIA A LA COMPRESION lb/pulg ²	1100	900	1170	1100	850	1400	D695-637
DUREZA SHORE-D	57	60	64	60	58	66	
COEF. DE DILATACION TERMICA 10 ⁻⁵ /°F							
78 °F A 200 °F	4.19	4.7	4.38	3.51	6.0	7.4	D696-44
300 °F	4.19	4.9	4.37	3.55	6.1	10.0	
400 °F	4.72	5.3	4.99	3.85	6.3	4.5	
500 °F	5.55	6.2	5.75	4.45	6.9	5.7	
CONDUCTIVIDAD TERMICA BTU-ft/hr-ft ² °F	3.2	5.0	-	3.6	3.6	4.7	
FACTOR DESGASTE(K) x 10 ⁻¹⁰	10.0	6.0	5.0	6.0	36.0	17	
COEFICIENTE DE FRICCION							
ESTATICO @ 33.33 lb/pulg ²	0.07	0.08	0.07	0.06	0.022	0.2	
DINAMICO @ 33.33 lb/pulg ² 150 fpm.	0.12	0.09	0.13	0.09	0.020	0.3	
MODULO DE FLEXION X 10 ⁵ lb/pulg ²	1.9	1.70	1.97	2.41	1.25	-	D790-59

4.2 MAQUINADO DEL TEFLÓN⁺

El teflón⁺ puede trabajarse fácilmente para darle la forma que se desee, usando máquinas corrientes para madera y metal.

El teflón⁺ puede maquinarse fácilmente con sólo seguir ciertas reglas. Todas las operaciones normales como son: torneado, fresado, taladrado, perforado, roscado, pulimentación etc. son aplicables al teflón⁺. No se necesitan máquinas especiales.

Lo que se debe tener en cuenta en el maquinado del teflón⁺, lo mismo que en los demás termoplásticos es el calor. La termoconductividad del teflón⁺ comparada con la de los metales, es excepcionalmente baja. El teflón⁺ presenta una superficie con un coeficiente de fricción muy bajo y a la vez posee una gran tenacidad. Al maquinar el teflón⁺ da la sensación de estar cortando latón, sin embargo el efecto de desgaste en la herramienta de corte es como si se estuviera cortando acero inoxidable. No obstante cualquier tornero o fresador entrenado puede

trabajar el teflón⁺ fácilmente para darle las formas requeridas con tolerancias desde 0.254 mm. y hasta 0.076mm. si se trabaja con mayor cuidado.

Hay dos puntos que requieren de consideración especial:

- 1) Deben usarse líquidos enfriadores, especialmente si la velocidad utilizada es mayor a 2.54 m/s.
- 2) Deben usarse altas velocidades, con un movimiento de vaivén suave y con avances lentos.

ENFRIADORES, VELOCIDADES Y AVANCES.

Si durante el maquinado del teflón⁺ se deja acumular mucho calor en la zona de corte, el material tenderá a recalentarse y la herramienta a perder filo. De aquí que sea necesario usar enfriadores. Para velocidades de más de 2.54 m/s, el agua mezclada con aceite hidrosoluble - en la proporción desde 10:1 hasta 20:1 es un buen enfria

dor.

Además de su baja termoconductividad, la elevada -
termodilatación del teflón⁺ (casi diez veces la de los -
metales) puede causar otras dificultades. Toda generación
y localización de calor excesivo causará dilatación del
plástico. Dependiendo de la sección y de la operación -
que se este realizando, la dilatación concentrada en un
sitio puede ocasionar cortes defectuosos.

Las velocidades de maquinado comprendidas entre 1 m/s
y 2.54 m/s son las más satisfactorias para obtener un --
acabado fino y además a estas velocidades no se requiere
de líquidos enfriadores.

Los avances para la gama de velocidades entre 1 m/s
y 2.54 m/s deben hacerse desde 2.48×10^{-4} m/rev hasta -
 4.8×10^{-4} m/rev.. De ser usada una velocidad alta para
un corte de acabado a 4.06 m/s en máquina de rosca auto-
mática, por ejemplo el avance deberá ser disminuido pro-
porcionalmente. La profundidad de corte recomendada varía

desde 4.8×10^{-5} m hasta 6.3×10^{-2} m.

En las operaciones de taladrado, el desplazamiento de la herramienta hacia adelante debe conservarse entre 1.3×10^{-4} m/rev. y 2.3×10^{-4} m/rev.. Puede resultar - ventajoso retirar y acercar la herramienta alternativa-- mente para que el calor que se genera se disipe en el en friador.

DISEÑO DE LA HERRAMIENTA.

La elección de la herramienta adecuada es otro de - los factores importantes para controlar la acumulación de calor. Aunque puede ser empleada una herramienta que sea utilizada para una gran variedad de materiales, pero los mejores resultados se obtienen cuando se usan herra-- mientas especialmente diseñadas para cortar teflón⁺.

Las herramientas deberán conservarse siempre perfec-- tamente afiladas, preferiblemente lapidadas con polvo de diamante para evitar muescas y rebabas, que son las prin

cipales causas de despostilladuras y acumulación de calor por fricción. Esto se debe tener presente especialmente cuando se trata del maquinado del teflón⁺ con materiales de relleno (twflón⁺ reforzado). Las herramientas del tipo "Stellite" y con punta de corte carburada ayudan a reducir al mínimo la necesidad de estar reafilando con frecuencia.

Todos los taladros o brocas, sean éstos helicoidales o de media caña, deberán tener estrías hondas y altamente pulidas.

También es importante dar apoyo adecuado al material especialmente cuando se trata del torneado de varillas - de teflón⁺ de longitud considerable y de diámetros pequeños, por qué la flexibilidad del material puede causar - que no se obtengan los resultados esperados debido a que se doblará la pieza por no tener cuidado de proporcionarle el apoyo necesario.

Existe otra característica del teflón⁺ que se hace

visible en toda operación de torneado. Lo que se va cortando del teflón⁺ tiende a salir en forma de espiral largo y continuo en vez de salir en forma de virutas o cintas como cuando se tornean varillas metálicas. Si la espiral no se gufa mecánicamente para retirarlo de la pieza de trabajo, puede ser que se enrolle en ésta e impida el flujo del enfriador o peor aún que separe la pieza de la herramienta. En las máquinas de rosca automáticas, -- basta retirar momentáneamente la herramienta de la pieza de trabajo.

DIMENSIONES Y ACABADO

Por lo general el teflón⁺ se tornea con tolerancias de aproximadamente 0.254 mm. Aunque de vez en cuando se exigen tolerancias más estrictas, generalmente no son necesarias. La naturaleza del teflón⁺ permite que las piezas maquinadas se amolden naturalmente a las dimensiones necesarias. Por ejemplo una pieza que no entre fácilmente en el lugar destinado, puede ajustarse a presión con un gasto menor que el requerido si es ajustada la pieza

dándole una torneada para dejarla con las dimensiones -- exactas. Y la pieza ajustada a presión funcionará con la misma eficiencia como la acabada en el torno.

De ser necesaria la producción de piezas de alta -- precisión por lo general es esencial someter el teflón⁺ a un tratamiento que consiste en calentar el teflón⁺ hasta una temperatura ligeramente superior a la cual la pieza será utilizada (pero menor de 260°C).

Conservandose esta temperatura durante una hora por cada pulgada de espesor y luego dejandose enfriar lentamente, se completa la operación inicial de recocido. Después es desbastada la pieza entre 0.38 mm. a 0.76 mm. de las dimensiones finales de la misma. Luego se vuelve a -- recocer antes de darle el acabado final.

Debe tenerse mucho cuidado al medir las tolerancias en las piezas hechas de teflón⁺. En general, conviene -- más usar instrumentos que no hagan demasiada presión sobre la pieza.

Lo mejor es comprobar las dimensiones a la temperatura en que estará operando la pieza, pero de no resultar esto práctico, basta una compensación al cambio de temperaturas. Las piezas que se hayan maquinado a su tamaño final y medido a la temperatura ambiente, o a otra inferior, no serán satisfactorias las especificaciones a temperaturas más elevadas.

Las máquinas que no son usadas exclusivamente para trabajar el teflón⁺ pueden contener contaminantes que -- pueden ser incrustados en la superficie del material.

C A P I T U L O V

" USOS IMPORTANTES EN LA INDUSTRIA QUIMICA ".

5.1 APLICACIONES

La gran variedad de aplicaciones del teflón⁺ --
(P.T.F.E.) (9) se explica por las siguientes propiedades:

1) Inercia química

2) Excepcional resistencia a los agentes atmosféri--
cos. Unas muestras expuestas a la intemperie en Florida
durante diez años, mostraron muy pequeña variación en --
sus propiedades físicas.

3) Excelentes características como aislante eléctri--
co.

4) Gran resistencia al calor.

5) No es adhesivo.

6) Muy bajo coeficiente de fricción.

A pesar de estas propiedades, la producción mundial
es inferior a 6000 toneladas por año y esto se ve refle--
jado en un precio elevado por volumen.

La gran inercia química a lo largo de un amplio in-

tervalo de temperaturas, explica la utilización del teflón⁺ para fabricar juntas, embalajes, piezas de válvulas y piezas para bombas.

Sus propiedades como aislante eléctrico le hacen -- muy útil en aislamiento de cables, en soportes para válvulas, transformadores aislados, cierres herméticos, para condensadores, etc.

Otros usos del teflón⁺ (P.T.F.E.)⁽¹⁰⁾ son los revestimientos de diversos objetos metálicos; estas aplicaciones requieren de un bajo coeficiente de fricción y ausencia de adhesividad. Aprovechando la excelente resistencia a la flexión del teflón⁺ (P.T.F.E.) se hacen recubrimientos internos en mangueras flexibles para vapores. En esta aplicación se usa el polímero en dispersión.

Debido a su elevado precio por unidad de volumen el teflón (P.T.F.E.) no es utilizado para fabricar objetos de gran volumen. Sin embargo, en muchos casos se recubren objetos metálicos con una capa fina de teflón⁺.

USOS MAS FRECUENTES

SELLOS Y ANILLOS

Los sellos hechos de resina teflón⁺ (P.T.F.E.) han resuelto una gran variedad de problemas de sellado. Su resistencia al desgaste es excelente, debido a su bajo coeficiente de fricción y buena resistencia mecánica. No se adhieren a la superficie cuando se comprimen y exhiben buena recuperación al cesar la compresión. Las resinas teflón⁺ se usan para hacer anillos reforzadores, obturadores para válvulas, varillas, obturadores en "U" y en "V", y anillos móviles.

Los anillos para pistón con superficies de desgaste hechas de resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) se usan en algunos compresores, como obturadores, como anillos hidráulicos y neumáticos. Estos anillos se han utilizado con gran éxito en compresores no lubricados y en los empleados para procesos químicos para los que se requiera desgaste mínimo (tanto para el anillo como para el cilindro)

inercia química, flexibilidad y dureza.

COJINETES

Los cojinetes de resinas de fluorocarbono teflón⁺ (P.T.F.E.) se emplean donde los cojinetes lubricados no pueden funcionar por que no hay posibilidad de hacerles llegar el lubricante. Estos materiales pueden modificarse agregando materiales inorgánicos para aumentar la capacidad de carga de los cojinetes y mejorar su resistencia a la deformación.

Un nuevo e importante empleo del teflón⁺ es el de bloques de apoyo para puentes, guías de deslizamiento para tuberías, soportes para tanques, y otros tipos de construcción en que la dilatación y vibración presentan problemas.

También son usadas las resinas teflón⁺ en recubrimientos interiores de bujes metálicos, acabados de recubrimiento para superficies de cojinetes y telas tejidas con fibras de teflón⁺.

GUARNICIONES Y EMPAQUETADORAS

Las guarniciones y empaquetaduras han resultado ser las aplicaciones de mayor éxito de las resinas teflón⁺ (P.T.F.E.). Adecuadamente instalados, estos productos -- pueden eliminar casi por completo el mantenimiento de -- guarniciones y empaquetaduras.

En muchos casos, las resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) son los únicos materiales que ofrecen un comportamiento satisfactorio. Esto particularmente cierto en servicio con sustancias muy corrosivas. En otros casos, las resinas - teflón⁺ han reducido los gastos de mantenimiento y el -- desgaste de cejas y pistones, a la vez que han aumentado la capacidad de producción, al disminuir los periodos de paralización de trabajo requeridos para la labor de mantenimiento.

MANGUERAS

Las mangueras flexibles forradas con resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) están dando excelente rendimiento y reduciendo los gastos de mantenimiento en aplicaciones de servicio pesado tales como instalaciones de vapor, equipo pulverizador de pintura caliente y el manejo de productos químicos. La manguera con blindaje de hilos metálicos -- trenzados se usa comúnmente para hacer las conexiones finales en las cañerías para procesos químicos, pues de esta manera se eliminan las dificultades de alineamiento y traspaso de vibraciones. Tales mangueras se suministran con diversos tipos de acoplamientos industriales, lo cual permite una mayor normalización de accesorios y la reducción de inventarios de los tipos de mangueras necesarios.

También se usan mangueras de mayor tamaño, hechas de teflón⁺ y forradas con un elastómero, para el traspaso de diversas sustancias químicas corrosivas. Este tipo de mangueras se producen con diámetros desde 1/2" -- hasta 6".

EQUIPO RECUBIERTO INTERIORMENTE.

Tuberías y mangueras flexibles forradas interiormente con teflón⁺ son productos bien conocidos que han facilitado grandes economías en gastos de reposición. Los tubos recubiertos con teflón⁺ se usan especialmente en las industrias químicas del petróleo, farmacéutica y elaboradora de productos alimenticios. La principal ventaja en estos casos es la inercia química, a la cual se agregan resistencia al calor y a la no adherencia de sustancias pegajosas.

Estas ventajas del teflón⁺ pueden obtenerse ahora - en casi todas las piezas componentes de equipos industriales. Entre las piezas de más reciente introducción figuran las válvulas esféricas, bombas centrífugas, tubos de sondeo, recipientes para procesos químicos y sondas de termopar. También hay muchos accesorios hechos - totalmente de las resinas teflón⁺, tanto P.T.F.E. como F.E.P.

USOS ELECTRICOS

Las resinas de fluorocarbono teflón⁺ se usan en los equipos eléctricos y electrónicos como piezas moldeadas y torneadas o fresadas, así como también en forma de cintas, hojas y películas.

Las excelentes propiedades dieléctricas de estas resinas, aunque se trate de hiperfrecuencias y su resistencia a la humedad son de especial importancia en la electrónica. La termorresistencia es muy importante especialmente en la actualidad ya que tiende a la reducción de tamaño de equipos electrónicos y esto trae como consecuencia un aumento en las temperaturas de funcionamiento.

Los componentes hechos de resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) incluyen enchufes para tubos, terminales, aisladores separadores etc.

Las resinas teflón⁺ (F.E.P.) prometen mucho en el ramo de los componentes eléctricos y electrónicos gracias a su facilidad de fabricación.

SUPERFICIES ANTIALHERENTES.

Otras características de las resinas teflón⁺ (P.T.F.E.) relacionadas con el bajo rozamiento, son las de inadherencia. Nada se adhiere con firmeza apreciable a las lisas superficies de estas resinas. Los ingenieros proyectistas utilizan esta propiedad para tener superficies antiadherentes en equipos de sellar calor, máquinas encoladoras, maquinaria de hornear, para la elaboración de bombones y muchos otros equipos.

Los elaboradores de bombones están eliminando muchos casos de tascamiento mediante el uso de superficies de teflón⁺ en sus equipos transportadores y de envolver. Una compañía molinera eliminó las fuertes interrupciones de trabajo para labores de limpieza, instalando recubrimientos de teflón⁺ en sus balanzas de pesar alimentos.

ALAMBRE Y CABLE

Las resinas de fluorocarbono teflón⁺ utilizadas para recubrir alambres y cables, ofrecen una notable resistencia ante variadas condiciones extremas. Por ejemplo - su resistencia al calor de los cautines permite hacer rápidamente las instalaciones eléctricas.

El alambre aislado con resina teflón⁺ (P.T.F.E.) se emplea para conectar aparatos en cables de señales y mandos, sistemas de control y calculadoras electrónicas. cables calentadores (para reemplazar los tubos calefactores de vapor en plantas) y en motores .

La resina de teflón⁺ (F.E.P.) es la que más aplicación tiene en este campo y puede aplicarse al alambre en largos y continuos tramos.

EJEMPLOS DE LOS QUE SE TIENE EXPERIENCIA REAL.

Los siguientes ejemplos de aplicaciones han sido -
coleccionados en el transcurso de muchos años. Se inclu-
yen en esta tesis solamente a manera de ilustración, omi-
tiéndose muchos detalles de ingeniería. Y no deben ser -
duplicados sin considerar en detalle las condiciones en
que va a operar el equipo en el que se va a utilizar re-
sinas teflón⁺

TUBERÍA REVESTIDA

- Un proceso que incluye la exposición al ácido --
clorhídrico (HCl) y un solvente orgánico activo a 150°C
de temperatura podría llevarse a cabo únicamente a baja
presión con tuberías de vidrio y de asbesto fenólico. -
Usando tubos revestidos con teflón⁺ la presión de elabo-
ración podrá aumentarse a 7.1 Kg/cm², lo que resulta en
menores costos de operación y mejor rendimiento.

- Un exitoso uso de tuberías revestidas con teflón⁺

implica la eliminación de fenoles por destilación al va
cfo. El sistema funcionó en un vacío total a 90°C-100°C
durante cuatro años sin experimentarse problema alguno.
Tuberías de vidrio sólidas usadas anteriormente eran --
fuente de elevados costos de mantenimiento.

- Cuando el asbesto fenólico, carbón, vidrio y ale
acciones metálicas especiales resultaban inadecuados pa-
ra usarse con los bencenos clorados a temperaturas deg
de -30°C hasta 110°C y con ciclos de presión desde el -
vacío hasta 10.5 Kg/cm², el acero revestido con teflón⁺
ha ofrecido un servicio libre de inconvenientes.

- Tuberías con teflón⁺ fueron instaladas para reem-
plazar parcialmente a las tuberías fenólicas de alea --
ción de níquel y revestimiento de vidrio. Desde que se
hizo este cambio, los costos anuales de mantenimiento -
han disminuido; en tanto que las interrupciones por ave-
rias inesperadas también disminuyeron en un 80%. Una re-
ducción adicional de pérdidas del producto aumentó la -
capacidad efectiva de la planta.

-En un sistema donde se procesa ácido cloroacético y cloruro cloroacético a temperaturas de -40°C a 165°C y 50 mmHg de vacío a 4.9 Kg/cm^2 de presión, las tuberías revestidas con polipropileno, plomo y vidrio comenzaron a fallar poco después de la puesta en marcha. A medida que las secciones fallaban se les reemplazaba con revestimientos de teflón⁺. Las que han estado funcionando más de diez años sin ocasionar problema alguno.

- Tuberías con teflón⁺ reemplazaron más de 3,300m. de tubería de hierro fundido de 25mm hasta 150 mm de -- diámetro, al servicio de ácido sulfúrico diluido caliente. Desde su instalación, la tubería revestida ha necesitado menos del 10% del mantenimiento requerido para la tubería anterior, reduciendo considerablemente los costos de mano de obra, pérdidas de producto e inventario.

VALVULAS

- Válvulas de bola revestidas con teflón⁺ han servido sin dificultad en soluciones de ácido sulfúrico a

65° Baumé. El flujo del proceso de elaboración era de 149°C a 10.5 Kg/cm² y las válvulas usadas anteriormente quedaban inservibles después de tres semanas de uso. Después de ocho meses de servicio las válvulas con revestimiento de teflón⁺ no presentaban corrosión alguna y se hallaban en excelentes condiciones de servicio.

- Válvulas de bola revestidas con teflón⁺ duraron cuatro años sin requerir mantenimiento en la elaboración de pulpa y papel. Estas válvulas se usaban con agua clorada, dióxido de cloro e hipoclorito de sodio.

- Una válvula de aguja con casquillo usada en vez de una compuerta, proporcionó servicio excelente a temperaturas de hasta 220°C y presiones de 4.2 Kg/cm² en el proceso de elaboración de etilbenceno.

- En un ensayo de prueba una válvula de abrazadera revestida con teflón⁺ durante 77,000 ciclos en ácido nítrico al 65% a 93°C y 1.8 Kg/cm². El ensayo equivalía a veinticinco años de servicio.

- Una válvula con revestimiento de teflón⁺ fué sometida a 1,600 ciclos durante seis meses en una solución de ácido nítrico-fluorhídrico, sin que el revestimiento sufriera daños ni escapes.

- Una válvula con revestimiento de teflón⁺ ha funcionado satisfactoriamente en vapor de yodo a 204°C y - 710 mmHg de vacío y también en vapor de HCl sobrecalentado a más de 163°C.

REVESTIMIENTOS DE RECIPIENTES.

- Un tanque de depósito de aluminio para peróxido de hidrógeno de 30,000 l. con revestimiento de teflón⁺ operó durante tres años sin ningun inconveniente.

- Una torre de lavar con agua, revestida con teflón⁺ (F.E.P.)/laminada con fibra de vidrio, aún se halla en servicio con HBr, bromo libre en fase líquida y agua a 60°C-90°C después de casi tres años.

- No han habido problemas después de tres años en uso de una columna revestida con teflón⁺ (F.E.P.) en la cual el cloruro de hidrógeno se absorbe en agua con solventes orgánicos. La temperatura del proceso es de 60°C a 1.4 Kg/cm² de presión.

- Una columna lavadora caústica revestida con teflón⁺ (F.E.P.) de 1.2 m. de diámetro y de 12.2 m de altura de Dow Chemical ha estado en uso removiendo vapores clorados y ácido clorhídrico anhidro a 49-65°C más de seis años sin presentar problemas. Los revestimientos de hule, poliéster, porcelana y éster de vinilo duraron solamente un año y medio.

- Una lavadora caústica revestida con teflón⁺ (F.E.P.) laminado, utilizando hidróxido de sodio (sosa) para la remoción de vapores de bromo se halla aún en funcionamiento después de tres años.

- Una lavadora revestida con teflón⁺ (F.E.P.) laminado con fibra de vidrio de 760 mm. de diámetro y 7 m.

de altura, viene usandose ya por dos años para reducir la carga de vapores ácidos y orgánicos a la atmósfera.

USOS DE RESINAS TEFLON⁺ REFORZADO

Cada uno de los teflones reforzados presentan diferentes alternativas de usos dentro de la industria química, compitiendo ventajosamente contra materiales tradicionalmente empleados como es el caso del bronce, el acero inoxidable, metal babit y algunos termoplásticos. Teniendo aplicaciones muy diversas que van desde bujes y chumaceras hasta piezas especiales en la unidad de -- proceso químico, en estos casos el producto no es recomendable que este en contacto con los productos alimenticios.

- P.T.F.E. reforzado con carbón/grafito.

Se recomienda principalmente usarse en casos en los que se tenga una corrosión severa, también en la fabricación de cojinetes y bujes en los que sus condiciones de operación sean temperaturas bajas, en compresores

de régimen libre de aceite. árboles de compresores y --
marchas secas, así como un sin número de otras aplica--
ciones donde se requiera controlar la corrosión.

- P.T.F.E. reforzado con fibra de vidrio.

Puede usarse en forma universal, más sin embargo
da resultados muy satisfactorios en juntas de válvulas,
en juntas planas, en juntas de válvula de bola, cojine-
tes, juntas deslizantes y en general para empaquetaduras
de todas formas.

- P.T.F.E. reforzado con fibra de vidrio/disulfuro
de molibdeno.

Se recomienda prencipalmente pa usarse en la ma-
nufactura de cojinetes y bujes enfocados especialmente
a la industfa química. Y puede utilizarse para substitu
ir a algunos metales.

- P.T.F.E. reforzado con bronce.

Normalmente se recomienda usarse en cojinetes --
deslizantes y bujes en donde el trabajo que se desarro-

lla es a temperaturas elevadas, dando excelente resultado sobre metales tradicionalmente usados para estos trabajos.

DIFERENCIAS ENTRE TEFLÓN⁺ VIRGEN Y REFORZADO

Como ya se mencionaron dentro de las propiedades, las diferencias entre los teflones reforzados con respecto al teflón virgen, están dadas principalmente en la adición de propiedades mecánicas y la disminución de su temperatura máxima de trabajo que reduce a 205°C y - la reducción de la inercia química que en ciertos casos se ve afectada severamente como es el caso del P.T.F.E reforzado con bronce.

NOTA: Todas las resinas teflón⁺ tanto vírgenes como reforzadas son autolubricadas, por lo que se pueden usar en lugares donde no es fácil hacer llegar un lubricante.

R E C O M E N D A C I O N E S .

RECOMENDACIONES.

La experiencia industrial en el manejo de las resinas de teflón⁺ es extensa. Grandes cantidades de estas resinas han sido elaboradas sin peligro por muchos y diferentes fabricantes y han sido también utilizadas en gran variedad de operaciones. Esta experiencia ha establecido firmemente que las resinas teflón⁺ pueden ser elaboradas y usadas a altas temperaturas sin riesgo alguno.

Sin embargo aunque no existen casos de trabajadores seriamente afectados por los vapores de teflón⁺ caliente o por los productos de su descomposición térmica, tales vapores se vuelven cada vez más tóxicos en concentraciones elevadas. Por lo cual es recomendable que al procesarse las resinas de fluorocarbono teflón⁺ (P.T.F.E.), (P.F.A.), (F.E.P.) y (TEFZEL*) a las temperaturas comprendidas entre 260-400°C o mayores se debe proveer de ventilación adecuada el lugar de trabajo.

Las resinas de fluorocarbono teflón⁺ frías son -- inertes. Pruebas con animales indican que tales resinas no son irritantes ni sensibilizadoras de la piel. Pero el polvo generado por la molienda o el maquinado de la resina fría debe evitarse, al igual que cualquier concentración de polvo en el aire de 15 mg/m³.

Antes de tomar una decisión sobre que producto de resinas teflón⁺ se puede usar es muy conveniente verificar la máquina o el equipo donde el material trabajará, sin olvidarse de tener perfectamente definidas las condiciones de operación como son la presión, temperatura, cargas que lleva y condiciones de contacto con productos químicos; una vez conocidos y definidos estos puntos, tomar en cuenta las restricciones que tienen las resinas teflón⁺ para obtener óptimos resultados.

R E V I S I O N

D E

P A T E N T E S.

REVISION DE PATENTES

Haciendo una revisión de patentes se encontró que:

En los años cuarenta se tiene un gran desarrollo en los métodos de obtención del polímero de tetrafluoretileno.

En 1941 Roy J. Plunkett⁽³⁸⁾ registró en la oficina de patentes de Estados Unidos el descubrimiento de un material plástico de propiedades excepcionales de resistencia química y el cual podía moldearse con cierta facilidad.

Plunkett polimeriza tetrafluoretileno en un recipiente cilíndrico de acero a 25°C y presión superior a la atmosférica obteniendo un rendimiento del 7.1% en diez días.

Utilizando un catalizador de nitrato de plata se obtiene un rendimiento del 33% en 21 días de polimerización.

Plunkett propone el uso de este polímero para fabricar artículos de laboratorio resistentes a atmósferas corrosivas; sin embargo la optimización posterior de los métodos de obtención y el conocimiento más amplio de las propiedades del polímero permitió diversificar enormemente el uso del teflón⁺.

En 1946 Merlin Brubaker⁽³⁹⁾ patentó una importante mejora en los métodos de polimerización logrando -- además economizar el proceso haciendo uso de tres criterios importantes para incrementar rendimientos y aumentar la velocidad de reacción.

- 1) Condiciones de temperatura y presión adecuadas.
- 2) Sistemas adecuados de disipación del calor de reacción.
- 3) Utilización de catalizadores más eficientes. Debido a la naturaleza altamente exotérmica de la reacción de polimerización es necesario remover el calor de

reacción tan rápidamente como sea posible para mantener la reacción bajo control.

Brubaker logra remover el calor de reacción mediante el uso de agua como diluyente haciendo posible ejercer un control adecuado de la reacción sin necesidad de medios especiales de disipación del calor.

Brubaker cargó un reactor recubierto de plata 300 partes de agua, 2 partes de peróxido de hidrógeno al 30%, cerró el reactor, lo evacuó a fin de eliminar el oxígeno atmosférico y cargó 70 partes de tetrafluoretileno al reactor, calentó a 60°C y se agitó por 17 horas después enfrió y descargó el producto obtenido; politetrafluoretileno granular blanco logrando un rendimiento del 90% y una disminución del tiempo de polimerización de los 21 días empleados por Plunkett a solamente 17 horas.

Por último en 1950 Malcom Mac Kenzie propone realizar la reacción de polimerización en presencia de pe

róxido de ácido disuccínico, logrando obtener suspensiones de politetrafluoretileno⁽⁴⁰⁾.

Si se requiere de mayor información se recomienda consultar las patentes que aparecen en la bibliografía.

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

En la actualidad existe un desarrollo acelerado - de una gran variedad de plásticos, de los que se requieren propiedades de alta resistencia química, térmica, mecánica y eléctrica. Las que son determinantes en el diseño de diferentes equipos y de los cuales hasta la fecha son fabricados con otros materiales.

Las resinas teflón⁺ son uno de los plásticos que por sus características están destinadas a ser materiales con una gran variedad de aplicaciones.

A lo largo del presente trabajo de han descrito - las propiedades de la resina teflón⁺ (P.T.F.E.), así mismo se ha hecho mención de sus copolímeros F.E.P., - P.F.A. y TEFZEL*. Resulta de gran importancia para el Ingeniero químico encargado del diseño y construcción de equipo el conocimiento de dichas propiedades, para poder seleccionar la que mejor se ajuste a las necesidades de caso en particular, tomando en cuenta facto--

res técnicos y económicos.

Durante el avance de este trabajo de tesis se han desarrollado de manera breve el método de obtención de la resina teflón⁺ (P.T.F.E.) y un método de moldeo de esta resina con el fin de dar a conocer al Ingeniero Químico el por qué de sus propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas y físicas; y a la vez tenga información acerca de como se procesa el teflón⁺ aunque el objetivo no sea este; ya que siempre es necesario conocer por lo menos en forma breve un poco más del material que se vaya a utilizar.

La ventaja del teflón⁺ (P.T.F.E.) reforzado radica en que al mejorar la mayoría de sus propiedades mecánicas principalmente, se amplía más la cantidad de usos en que es aplicable la resina teflón⁺ (P.T.F.E.).

Y de mayor interés resulta el conocer cómo maquinar el teflón⁺, porque de esta manera se pueden lograr una variedad de piezas.

La importancia de este trabajo radica en que no se pretende hacer un estudio profundo de todas las resinas teflón, si no más bien el proporcionar una guía que permita seleccionar adecuadamente la resina teflón que más se ajuste a las condiciones de operación de cada caso particular que se le presente al Ingeniero Químico.

Sin embargo antes de aplicar un tipo determinado de resina teflón⁺ es necesario hacer un estudio, visualizando claramente el objetivo que se desea alcanzar, y tener presente en todos los casos el aspecto económico; que en la actualidad cobra vital importancia.

También es importante mencionar que una limitante de este trabajo, es el hecho de que las resinas teflón⁺ son una patente, lo cual no permitió encontrar algunos detalles de obtención principalmente..

A P E N D I C E

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[®] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 316	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
ACETALDEHIDO	B	C	D	C	A	A	A	A	A	A
SOLVENTES DE ACETATO	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
AC. ACETICO (AEREADO 0-50%)	C	D	D	D	B	A	C	D	A	A
AC. ACETICO (LIBRE DE AIRE 0-50%)	A	D	B	D	C	A	C	D	A	A
ACIDO ACETICO (AEREADO 55%-100%)	B	D	D	D	A	B	D	D	A	A
AC. ACETICO (LIBRE DE AIRE 55-100%)	A	D	B	D	B	B	B	B	A	A
ACETICO ANHIDRO	B	D	C	D	B	B	B	B	A	A
ACETONA	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A
ACETILENO (UNICAMENTE SECO)	A	A	B	A	A	A	A		A	A
ACRILONITRILLO	B	C	A	A	A	A	A			A
ALCOHOLES-METILICO, ETILICO	B	B	B	B	A	A	A		A	A
ALCOHOL AMILICO	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL BUTILICO	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A
CLORURO DE ALUMINIO (SECO)	D	D	D	D	C	C	C	C	A	A
SULFATO DE ALUMINIO	B	C	C	C	B	A	A	B	B	A
AMINAS	A	A	A	A	A	A	A	A		A
AMONIACO ANHIDRO	B	B	D	A	A	A	B	A	B	A
AMONIACO (ACUOSO)	B	A	D	A	A	A	B	A	B	A
SOLUCION DE AMONIACO	D	B	D	B	A	A	B			A
BICARBONATO DE AMONIO	B	B	B	C	B	B	B			A
CARBONATO DE AMONIO	B	B	D	B	B	B	B	B	B	A
CLORURO DE AMONIO	C	D	D	D	B	B	B	B	A	A
HIDROXIDO DE AMONIO (28%)	C	C	D	C	B	B	D	D	A	A
HIDROXIDO DE AMONIO (CONC)	C	C	D	C	B	B	D	D	A	A
MONOFOSFATO DE AMONIO	B	D	D	D	B	B	C		A	A
NITRATO DE AMONIO	B	D	D	D	A	A	D	D	B	A
FOSFATO DE AMONIO (DIBASICO)	B	D	C	D	B	B	C		B	A
FOSFATO DE AMONIO (TRIBASICO)	B	D	C	D	B	B	C		B	A
SULFATO DE AMONIO	C	C	B	C	B	B	C	B	B	A
ACETATO AMILICO	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A
ANILINA	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A
TRICLORURO DE ANTIMONIO	D	D	D	D	D	D	B	B	B	A
JUGO DE MANZANA	B	D	C	D	B	B	A			A

NOTA: A= Excelente B= Bueno C= Regular D= No recomendable

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON⁺ P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 316	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
ACIDO ARSENICO	D	D	D	D	B	B	D			A
EMULSION ASFALTICA	C	A	A	A	A	A	A	A		A
LIQUIDO ASFALTICO	C	A	A	A	A	A	A	A		A
CARBONATO DE BARIO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
CLORURO DE BARIO	D	C	B	C	C	C	B	A	A	A
HIDROXIDO DE BARIO	D	B	B	C	B	A	B	A	B	A
SULFATO DE BARIO	D	C	C	C	B	B	B	B		A
SULFITO DE BARIO	D	C	C	C	B	B	C	A		A
CERVEZA (ALCOHOL INDUSTRIAL)	A	C	B	C	A	A	A	A	A	A
CERVEZA (LICOR AZUCARADO)	A	B	A	B	A	A	A	A		A
BENCENO	B	B	B	B	B	B	A	A	B	A
BENZALDEHIDO	B	D	B	D	B	B	B	B	B	A
ACIDO BENZOICO	B	D	B	D	B	B	B	B	A	A
LICOR DE BORAX	C	C	B	C	B	B	B	B	A	A
ACIDO BORICO	B	D	B	D	A	B	B	B	A	A
SALMUERA	B	C	B	C	B	B	A			A
BROMO (SECO)	C	D	D	D	D	D	A	A	A	A
BROMO (HUMEDO)	D	D	D	D	D	D	D	C	A	A
COMBUSTIBLE	A	B	B	B	A	A	A			A
BUTADIENO	A	B	C	B	A	A	C			A
BUTANO	A	B	A	B	A	A	A		A	A
BUTILENO	A	A	A	A	A	A	A			A
CREMA	A	D	D	D	A	A	D	A	A	A
ACIDO BUTIRICO	B	D	C	D	B	B	C	C	A	A
BISULFITO DE CALCIO	C	D	B	D	C	B	D	D	B	A
CARBONATO DE CALCIO	C	D	C	D	B	B	B	B	B	A
CLORURO DE CALCIO	C	C	B	C	C	B	A	A	A	A
HIDROXIDO DE CALCIO	C	C	B	C	B	B	B	B	A	A
HIPOCLORITO DE CALCIO	C	D	D	D	C	C	C	D	B	A
SULFATO DE CALCIO	B	C	C	C	B	B	B		B	A
ACIDO CARBONICO	B	D	D	D	B	B	B	B	A	A
BISULFURO DE CARBONO	A	B	C	B	B	B	B	B	B	A
DIOXIDO DE CARBONO (SECO)	A	B	A	A	A	A	A	A		A
TETRACLORURO DE CARBONO (SECO)	C	C	C	C	B	B	A	A	B	A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON⁺ P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 318	MONEL	NIQUEL	HASTELOY	P.T.F.E.
TETRACLORURO DE CARBONO (HUMEDO)	C	D	D	D	B	B	B	A		A
ACEITE DE MADERA CHINA	A	C	C	C	A	A	A	A		A
SOLVENTES CLORADOS	D	C	C	C	B	B	B			A
CLORO GAS (SECO)	D	D	C	D	B	B	B	B	B	A
CLORO (HUMEDO)	D	D	D	D	D	D	B			A
ACIDO CLOROACETICO	C	D	C	D	C	C	B	A		A
CLOROBENCENO (SECO)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
CLOROFORMO (SECO)	D	B	B	B	A	A	A	A	A	A
ACIDO CLOROSULFONICO (SECO)	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A
ACIDO CLOROSULFONICO (HUMEDO)	D	D	D	D	D	D	C			A
ACIDO CROMICO	C	D	D	D	C	C	D	D	B	A
JUGOS CITRICOS	C	D	B	D	B	B	B	B	A	A
ACEITE DE COCO	B	C	B	C	B	B	B			A
EXTRACTO DE CAFE	A	C	B	C	A	A	A	A		A
ACETATO DE COBRE	C	D	D	D	B	B	C	B	B	A
CLORURO DE COBRE	D	D	D	D	D	D	C	D	B	A
NITRATO DE COBRE	C	D	D	D	B	B	D	D	B	A
SULFATO DE COBRE	C	D	D	D	B	B	B	B	B	A
ACEITE DE MAIZ	B	C	B	C	A	B	B		B	A
ACEITE CRUDO DULCE	A	B	B	B	A	A	A			A
ACEITE CRUDO	A	C	C	B	A	A	A			A
CICLOHEXANO	A	A	A	A	A	A	A			A
DIETILAMINA	A	A	D	A	A	A	A			A
ETANO	A	A	A	A	A	A	A			A
ETERES	B	B	B	A	A	A	B	B	B	
ACETATO ETILICO	A	C	C	B	B	B	B	B	B	A
ACRILATO ETILICO				A						A
CLORURO ETILICO (SECO)	B	B	B	B	A	A	B	A	B	A
CLORURO ETILICO Y FLUORURO ETILICO (HUMEDO)	D	D	C	D	C	C	B		B	
ETILEN GLICOL	A	B	B	B	B	B	B		B	A
OXIDO DE ETILENO	A	B	D	B	B	B	B	B	B	A
CLORURO FERRICO	D	D	D	D	D	D	D	D	B	A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON⁺ P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 318	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
NITRATO FERRICO	D	D	D	D	B	B	D	D	B	A
SULFATO FERRICO	D	D	D	D	B	A	D	D	B	A
CLORURO FERROSO	D	D	B	C	D	D	C	D	B	A
SULFATO FERROSO	D	D	B	D	B	A	D	D	B	A
SOLUCIONES FERTILIZANTES	B	C	C	B	B	B	B			A
FLUORURO (SECO)	B	B	B	B	B	B	B	A		A
ACIDO FLUROSILICO	D	D	A	D	B	B	A	B	B	A
ALIMENTOS FLUIDOS Y PASTAS	A	C	B	C	A	A	A			A
FORMALDEHIDO (FRIO)	A	B	A	B	B	A	B	B	B	A
FORMALDEHIDO (CALIENTE)	B	D	B	D	B	B	B	B	B	A
ACIDO FORMICO (FRIO)	D	D	B	D	C	A	B	B	A	A
ACIDO FORMICO (CALIENTE)	D	D	B	D	C	B	B	B	A	A
FREON SECO	B	B	B	B	A	A	A	A		A
JUGO DE FRUTAS	B	D	B	D	A	A	A	A	A	A
FURFURAL	B	B	B	B	A	A	B	B	B	A
GAS NATURAL	B	B	B	B	A	A	A	A		A
GAS ODORIZANTE	A	B	A	B	B	B	B			A
GASOLINA	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
GELATINA	A	D	A	D	A	A	A	A		A
GLUCOSA	A	B	A	B	A	A	A			A
GLICERINA	A	B	B	B	A	A	B	A	A	A
GLICOLAS	B	B	B	B	B	B	B			A
GRASA	A	A	B	A	A	A	B			A
HEPTANO	A	B	A	B	A	A	B		A	A
HEXANOL	A	A	A	A	A	A	A			A
ACEITE HIDRAULICO	A	B	B	A	A	A	A			A
ACIDO BROMHIDRICO	D	D	D	D	D	D	D	D	B	A
ACIDO CLORHIDRICO (LIBRE DE AIRE)	D	D	D	D	D	D	B	B	A	A
ACIDO CIANHIDRICO	B	C	D	C	B	B	B	B	B	A
ACIDO FLUORHIDRICO	D	D	D	D	D	D	B	B	B	A
GAS HIDROGENO (FRIO)	A	B	B	B	A	A	A	A		A
PEROXIDO DE HIDROGENO (DILUIDO)	A	D	B	D	B	B	B	B	B	A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON⁺ P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 318	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
PEROXIDO DE HIDROGENO (CONC)	A	D	D	D	B	B	B	B	B	A
SULFURO DE HIDROGENO (SECO)	B	B	C	B	B	A	B	B	B	A
SULFURO DE HIDROGENO (HUMEDO)	C	D	D	C	B	B	B	B	B	A
HIPO (TIOSULFATO DE SODIO)	A	C	C	D	B	B	B	B	B	A
HIPOCLORITO DE SODIO	C	D	D	D	C	C	B	D	A	A
TINIA	B	D	C	D	B	A	B	A	B	A
YODO (HUMEDO)	D	D	D	D	D	D	D	C	B	A
YODOFORMO	B	C	C	B	A	A	C	B	C	A
ISO-OCTANO	A	B	A	A	A	A	A		A	A
ALCOHOL ISOPROPILICO	B	B	B	B	B	B	B		B	A
ETER ISOPROPILICO	A	B	A	A	A	A	A			A
QUEROSENO	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A
SALSA DE TOMATE	D	D	D	D	A	A	B		B	A
LACA (Y SOLVENTES)	A	C	A	C	A	A	A		A	A
ACIDO LACTICO (DILUIDO, FRIO)	A	D	D	D	B	A	C	B	A	A
ACIDO LACTICO (DILUIDO CALIENTE)	B	D	D	D	B	A	D	B	A	A
ACIDO LACTICO) CONCENTRADO FRIO)	C	D	D	D	B	A	D	B	A	A
ACIDO LACTICO (CONCENTRADO CALIENTE)	C	D	D	D	B	B	D	B	A	A
MANTECA	A	C	A	C	A	A	B		A	A
ACETATO DE PLOMO	D	D	C	D	B	B	B	B	B	A
ACIDO LINOLEICO	A	B	B	B	A	A	B			A
ACEITE DE LINAZA	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A
GAS LICUADO DE PETROLEO (LPG)	A	B	A	B	B	B	B			A
BISULFATO DE MAGNESIO	B	B	B	B	A	A	B			A
CLORURO DE MAGNESIO	D	D	B	C	B	B	B	B	B	A
HRIDROXIDO DE MAGNESIO	D	B	B	B	B	B	B	B	B	A
HIDROXIDO DE MAGNESIO (CALIENTE)	D	B	D	B	B	B	B	B	B	A
SULFATO DE MAGNESIO	B	B	B	B	B	A	B	B	A	A
ACIDO MALEICO	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A
ACIDO MALICO	B	D	B	D	A	A	B	A		A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[†] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 318	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
MAYONESA	D	D	D	D	A	A	B	A	B	A
CLORURO MERCURICO	D	D	D	D	B	B	C	C	B	A
CIANURO MERCURICO	D	D	D	D	B	B	B	A	B	A
MERCURIO	C	A	D	A	B	B	B	B	B	A
METANO	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
METIL-ACETATO									A	A
METIL-ACETONA	A	A	A	A	A	A	A			A
METILAMINA	B	B	D	B	B	B	C			A
METIL-CLORURO (SECO)	D	B	A	B	B	A	B	B	B	A
CLORURO DE METILENO (SECO)	C	B	B	B	B	B	B	B	B	A
LECHE	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A
MEZCLA DE ACIDOS (FRIOS)	D	C	D	C	B	B	D	D		A
MELAZA COMESTIBLE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
MELAZA CRUDA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ACIDO MURIATICO	D	D	D	D	D	D	B			A
MOSTAZA	B	B	A	B	A	A	A			A
NAFTA	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
NAFTALENO	B	B	B	A	B	B	B		B	A
NIQUEL-SULFATO DE AMONIO	D	D	D	D			B			A
CLORURO DE NIQUEL	D	D	D	D	B	B	B	C	A	A
NITRATO DE NIQUEL	C	D	D	D	B	B	B	D	B	A
SULFATO DE NIQUEL	D	D	D	D	B	B	B	B	B	A
ACIDO NICOTINICO										A
ACIDO NITRICO (10%)	D	D	D	D	A	A	D	C	B	A
ACIDO NITRICO (30%)	D	D	D	D	A	A	D	C	D	A
ACIDO NITRICO (80%)	B	D	D	D	A	A	D	C	B	A
ACIDO NITRICO (100%)	A	D	D	A	A	A	D	C	B	A
ACIDO NITRICO ANHIDRO	B	A	D	A	A	A	D	D	D	A
NITROBENCENO	C	B	D	B	B	B	B	B	B	A
NITROGENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ACIDO NITROSO (10%)	D	D	D	D	B	B	D	D	D	A
GASES NITROSOS	B	C	D	B	A	A	D			A
OXIDO NITROSO	C	C	D	B	B	B	D	D	D	A
ACEITE ANIMAL	A	A	A	A	A	A	A			A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[®] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 316	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
ACEITE DE PESCADO	B	B	B	B	A	A	A			A
ACEITE COMBUSTIBLE	A	B	B	B	A	A	A			A
ACEITE LUBRICANTE	A	A	B	A	A	A	B			A
ACEITE MINERAL	A	B	B	B	A	A	A			A
ACEITE DE PETROLEO (REFINADO)	A	B	B	A	A	A	A			A
MEZCLA DE ACEITE Y AGUA	A	B	A	B	A	A				A
ACIDO OLEICO	A	B	B	B	B	B	A	A	B	A
ACEITE DE OLIVA	A	B	B	B	A	A	A			A
ACIDO OXALICO	C	D	B	D	B	B	B	C	B	A
OXIGENO	A	B	A	B	A	A	A			A
OZONO (HUMEDO)	B	C	B	C	A	A	A			A
OZONO (SECO)	A	A	A	A	A	A	A			A
PIINTURAS Y SOLVENTES	A	A	A	A	A	A	A			A
ACIDO PALMITICO	B	C	B	C	B	B	B	B	B	A
PARAFINA	A	B	A	B	A	A	A			A
PARAFORMALDEHIDO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
PENTANO	A	B	B	B	B	B	B	B	A	A
PERCLORETILENO (SECO)	B	B	C	B	B	B	A	A		A
PETROLATO	B	C	B	C	B	B	A			A
FENOL (100%)	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A
ACIDO FOSFORICO FRIO (10%)	D	D	D	D	B	B	B	B	A	A
ACIDO FOSFORICO CALIENTE(10%)	D	D	D	D	B	B	B	C	A	A
ACIDO FOSFORICO FRIO (50%)	D	D	D	D	B	B	B	C	A	A
ACIDO FOSFORICO CALIENTE(50%)	D	D	D	D	B	B	B	C	A	A
ACIDO FOSFORICO FRIO (85%)	D	D	D	D			A	B	B	A
ACIDO FOSFORICO CALIENTE(85%)	D	C	D	C			B	D	B	A
ACIDO OFTALICO	B	C	B	C	A	A	B	B	B	A
ANHIDRO OFTALICO	B	C	B	C	B	B	A	A	A	A
ACEITE DE PINO	A	B	B	B	A	A	A			A
BISULFITO DE POTASIO	C	D	C	D	B	B	D	D	D	A
BROMURO DE POTASIO	C	D	C	D	B	B	B	B	A	A
CARBONATO DE POTASIO	C	B	B	B	B	B	B	A	B	A
CLORATO DE POTASIO	C	B	B	B	B	B	C	C	B	A
CLORURO DE POTASIO	B	B	B	C	A	A	B	B	B	A
CIANURO DE POTASIO	D	B	D	B	B	B	B	B	B	A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[®] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 316	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
DICROMATO DE POTASIO	A	B	B	B	A	A	B	B	B	A
DIPOSFATO DE POTASIO	B	A	B	A	A	A	B			A
FERRUCIANURO DE POTASIO	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
HIDROXIDO DE POTASIO (DILUI DO FRIO)	D	B	D	B	B	B	A	A	B	A
HIDROXIDO DE POTASIO (DILUI DO CALIENTE)	D	B	D	B	B	B	A	A	B	A
HIDROXIDO DE POTASIO (70% FRIO)	D	B	D	B	B	B	A	A	B	A
HIDROXIDO DE POTASIO (70% CALIENTE)	D	B	D	B	B	B	A	A	B	A
YODURO DE POTASIO	C	C	B	C	B	B	B	B	B	A
NITRATO DE POTASIO	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
PERMANGANATO DE POTASIO	A	B	B	B	B	B	B	B	A	A
SULFATO DE POTASIO	B	C	B	B	B	B	B	B	B	A
SULFURO DE POTASIO	D	D	D	D	B	B	D	B	B	A
SULFITO DE POTASIO	B	D	D	D	B	B	D	D		A
PROPANO	A	A		A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL ISOPROPILICO	A	B	A	B	A	A	A			A
PROPILEN-GLICOL	A	B	B	B	B	B	B			A
RESINAS	B	C	B	C	B	B	A	A		A
ACEITE SALADO	B	C	B	C	B	B	B		A	A
ACIDO SALICILICO	C	D	C	D	A	A	A	A		A
SAL	B	C	B	C	B	B	A			A
AGUA DE MAR	C	D	C	D	B	B	A		A	A
NITRATO DE PLATA	D	D	D	D	B	A	D	B	A	A
ACETATO DE SODIO	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A
ALUMINATO DE SODIO	C	C	B	C	B	A	A	B	B	A
BICARBONATO DE SODIO	B	C	B	C	B	B	C	C	C	A
BISULFATO DE SODIO (10%)	D	D	B	D	B	A	B	B	B	A
BISULFITO DE SODIO (10%)	D	D	B	D	B	B	B		B	A
BORATO DE SODIO	B	C	B	C	B	B	B		B	A
BROMURO DE SODIO (10%)	B	D	B	C	B	B	B	B	A	A
CARBONATO DE SODIO	D	B	B	B	B	B	B	B	B	A
CLORATO DE SODIO	B	C	B	C	B	B	B			A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[®] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 318	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
CLORURO DE SODIO	B	C	B	C	B	B	A	A	B	A
CROMATO DE SODIO	D	B	C	B	B	B	B	B	B	A
CIANURO DE SODIO	D	B	D	A	A	A	B	C	B	A
FLUORURO DE SODIO	C	D	C	B	B	B	B	D	B	A
HIDROXIDO DE SODIO FRIO(20%)	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO CALIENTE (20%)	D	B	B	B	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO FRIO(50%)	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO CALIENTE (50%)	D	B	A	B	A	A	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO FRIO(70%)	D		D	D	B	B	A	A	A	A
HIDROXIDO DE SODIO CALIENTE (70%)	D		D	D	B	B	A	A	A	A
HIPOCLORURO DE SODIO	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
METAFOSFATO DE SODIO	D	B	C	B	B	B	B	A		A
METASILICATO DE SODIO (FRIO)	B	C	B	C	A	A	A	A	A	A
METASILICATO DE SODIO (CALIENTE)	B	D	B	D	A	A	A	A	A	A
NITRATO DE SODIO	A	B	B	B	A	A	B	B	A	A
PERBORATO DE SODIO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
PEROXIDO DE SODIO	C	C	D	C	B	B	B	B	B	A
FOSFATO DE SODIO (DIBASICO)	D	B	B	B	B	B	B	B	B	A
FOSFATO DE SODIO (TRIBASICO)	D	B	B	B	B	B	B	B	B	A
SILICATO DE SODIO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A
SILICATO DE SODIO CALIENTE	C	B	B	B	B	B	B	B	B	A
SULFATO DE SODIO	A	B	B	B	B	A	B	B	B	A
SULFURO DE SODIO	C	B	D	B	B	B	B	B	B	A
SULFURO DE SODIO (CALIENTE)	D	C	D	C	B	B	B	B	B	A
TIOSULFATO DE SODIO	A	B	B	B	B	B	B			A
CLORURO ESTANICO	D	D	C	D	D	D	D	D	B	A
CLORURO ESTANOSO	D	D	D	D	D	A	C	B	B	A
ACIDO ESTEARICO	B	C	C	C	B	B	B	B	A	A
ESTIRENO	A	B	A	A	A	A	A			A
LIQUIDOS DULCES	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A

TABLAS COMPARATIVAS DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON[®] P.T.F.E.

PRODUCTO QUIMICO	ALUMINIO	HIERRO MALEABLE	BRONCE	ACERO AL CARBON	ACERO INOX. 304	ACERO INOX. 316	MONEL	NIQUEL	HASTELLOY	P.T.F.E.
ACIDO SULFURICO (0-7%)	B	D	C	D	C	B	A	D	A	A
ACIDO SULFURICO (20%)	D	D	C	D	D	D	B	D	A	A
ACIDO SULFURICO (50%)	D	D	C	D	D	D	B	D	B	A
ACIDO SULFURICO (100%)	D	B	C	B	B	B	D	D	B	A
ACIDO SULFUROSO	C	D	C	D	B	B	D	C	A	A
GAS DE SINTESIS	B	B	B	B	B	B	A	A	B	A
ACIDO TANICO	C	C	B	C	B	B	B	B	B	A
ACIDO TARTARICO	B	D	C	D	B	A	B	B	B	A
TOLUENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TRIBUTIL FOSFATO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
TRICLOROETILENO	A	C	B	B	B	B	A	A	A	A
UREA	B	C	B	C	B	B	B	B	B	A
ACEITE VEGETAL	A	B	B	B	A	A	B	A	B	A
VINAGRE	C	D	B	D	A	A	A	A	A	A
AGUA DESTILADA (AERADA)	A	D	A	D	A	A	A	A	A	A
AGUA FRESCA	A	C	A	D	A	A	A	A	A	A
XILENO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CLORURO DE ZINC	D	C	D	D	D	D	B	B	B	A
HIDROSULFITO DE ZINC	D	B	C	B	A	A	B	B	B	A
SULFATO DE ZINC	D	D	B	D	A	A	B	B	B	A

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFZEL®

SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO		SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO	
	°F	°C		°F	°C
ACETALDEHIDO	200	95	SULFATO DE AMONIO	300	150
ACETAMIDA	250	120	SULFURO DE AMONIO	300	150
ACIDO ACETICO (GLACIAL)	230	110	TIOCIANATO DE AMONIO	300	150
ACIDO ACETICO DILUIDO (50% H ₂ O)	250	120	AMIL ACETATO	250	120
ACETICO ANHIDRO	300	150	ALCOHOL AMILICO	300	150
ACETONA	150	65	CLORURO AMILICO	300	150
ACETONA (50% H ₂ O)	150	65	ANILINA	230	110
ACETONITRILLO	150	65	ANTRAQUINONA	275	135
ACETOFENONA	300	150	ACIDO SULFONICO-ANTRA QUINONA	275	135
ACETIL-CLORURO	150	65	TRICLORURO DE ANTIMO- NIO	212	100
ACETILENO	250	120	AGUA REGIA	212	100
ACETILENO-TETRABROMURO	300	150	ACIDO ARSENICO	300	150
ACETILENO-TETRACLORURO	300	150	CARBONATO DE BARIO	300	150
CRILONITRILLO	150	65	HIDROXIDO DE BARIO	300	150
ACIDO ADIPICO	275	135	SULFATO DE BARIO	300	150
AIRE	300	150	SULFURO DE BARIO	300	150
ALCOHOL ALIL	212	100	BENZALDEHIDO	212	100
ALIL CLORURO	212	100	BENCENO	212	100
CLORURO DE ALUMINIO	300	150	ACIDO BENZOICO	275	135
FLUORURO DE ALUMINIO	300	150	CLORURO DE BENZOIL	150	65
HIDROXIDO DE ALUMINIO	300	150	ALCOHOL BENCILICO	300	150
NITRATO DE ALUMINIO	300	150	CLORURO BENCILICO	300	150
OXICLORURO DE ALUMINIO	300	150	CARBONATO DE BISMUTO	300	150
AMONIO (ANHIDRO)	300	150	LICOR NEGRO	300	150
AMONIA (ACUOSO 30%)	230	110	BORAX	300	150
BIFLUORURO DE AMONIO	300	150	ACIDO BORICO	300	150
BROMURO DE AMONIO (50%)	275	135	ACIDO BROMICO	250	120
CARBONATO DE AMONIO	300	150	BROMURO (SECO)	150	65
CLORURO DE AMONIO	300	150	BROMURO ACUOSO (10%)	230	110
DICROMATO DE AMONIO	275	135	MONO-BROMOBENCENO	212	100
FLUORURO DE AMONIO	300	150	m-BROMOTOLUENO	212	100
HIDROXIDO DE AMONIO	300	150	BUTADIENO	250	120
NITRATO DE AMONIO (CONC.)	230	110	BUTANO	300	150
PERCLORATO DE AMONIO	275	135	BUTANODIOL	275	135
PERSULFATO DE AMONIO	300	150	BUTIL ACETATO	230	110
POSFATO DE AMONIO	300	150	BUTIL ACRILATO	230	110
ALCOHOL ISO-BUTIL	275	135			

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFZEL*
SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO		SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO	
	°F	°C		°F	°C
ALCOHOL n-BUTIL	300	150	ALCOHOL SEC-BUTIL	300	150
ALCOHOL TER-BUTIL	300	150	n-BUTILAMINA	120	50
SEC-BUTILAMINA	120	50	TER-BUTILAMINA	120	50
DI-N-BUTILAMINA	230	110	TRI-N-BUTILAMINA	230	110
BUTILENO	300	150	BUTIL BROMURO	300	150
BUTIL CLORURO	300	150	BUTIL FENOL	230	110
BUTIL OFTALATO	150	65	BUTIRALDEHIDO	212	100
ACIDO BUTIRICO	250	120	n-BUTIL MERCAPTANO	300	150
BISULFATO DE CALCIO	300	150	BISULFURO DE CALCIO	300	150
CARBONATO DE CALCIO	300	150	CLORATO DE CALCIO	300	150
CICLOHEXANONA	300	150	CLORURO DE CALCIO	300	150
DOT	212	100	HIPOXIDO DE CALCIO	300	150
HIPOCLORITO DE CAL CIO	300	150	DECANO	300	150
SULFURO DE CALCIO	250	120	NITRATO DE CALCIO	275	135
SULFATO DE CALCIO	300	150	ALCOHOL DIACETONA	212	100
ACIDO CAPRILICO	212	100	1,2 DIBROMO PROPANO	200	95
TETRACLORURO DE CAR BONO	212	100	DIBUTIL OFTALATO	150	65
O-DICLOROBENCENO	150	65	ACIDO DICLOROACETICO	150	65
DIOXIDO DE CARBONO (SECO)	300	150	DIOXIDO DE CARBONO (HUMEDO)	300	150
ACIDO DICLOROPROPI NICO	150	65	DICLOROETILENO	150	65
MONOXIDO DE CARBONO	300	150	DISULFURO DE CARBONO	150	65
ACEITE DE CASTOR	300	150	ACIDO CARBONICO	300	150
SOSA CAUSTICA (10 y 50%)	212	100	DIESEL	300	150
DIETIL ETHER	212	100	DIETILAMINA	230	110
ACIDO DIGLICOLICO	212	100	DIETIL BENCENO	275	135
DIISOBUTILENO	275	135	POTASA CAUSTICA (10 y 50%)	212	100
DIMETIL AMINA	120	50	DIETIL TRIAMINA	212	100
DIMETIL ANILINA	275	135	SALMUERA CLORINADA	250	120
DIMETIL OFTALATO	212	100	CLORO (SECO)	212	100
DIMETIL SULFOXIDO	212	100	CLORO (HUMEDO)	250	120
CLORO BENCENO	212	100	DIOXIDO DE CLORO	250	120
CLOROBENZOILO	150	65	ACIDO CLOROACETICO (50% H ₂ O)	230	110
			DIMETIL FORMAMIDA	250	120
			DIMETIL SULFATO	150	65

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFZEL®

SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

SUSTANCIA	TEMPERATURA		SUSTANCIA	TEMPERATURA	
	MAX. DE USO	°F °C		MAX. DE USO	°F °C
CLOROFORMO	212	100	DIOCTIL OFTALATO	150	65
CLOROHIDRINA (LIQ.)	150	65	p-DIOXANO	150	65
ACIDO CLOROSULFONICO	75	25	CLORURO CROMICO	212	100
AGUA DESTILADA	300	150	OXIDO DIPENTIL	175	80
DIVINIL BENCIENO	175	80	ACIDO CROMICO (50%)	150	65
ACIDO CITRICO	275	135	CLORURO DE CROMO	212	100
ETIL ACETATO	150	65	ETER	212	100
ALCOHOL ETILICO	300	150	ACEITE DE COCO	300	150
CLORURO DE COBRE	300	150	ETIL AMINA	100	40
CIANURO DE COBRE	300	150	ESTERES	150	65
FLUORURO DE COBRE	300	150	ETILACETOACETATO	150	65
SULFATO DE COBRE	300	150	ETIL ACRILATO	212	100
NITRATO DE COBRE	300	150	CLORURO ETILICO	300	150
ACEITE DE MAIZ	300	150	ETIL CLOROACETATO	212	100
BROMURO ETILENO	300	150	ETIL CIANOACETATO	212	100
ETILEN DIAMINA	120	50	CLORURO ETILENO	300	150
ACEITE CRUDO	300	150	ETILEN GLICOL	300	150
CICLOHEXANO	300	150	CICLOHEXANOL	250	120
CLORURO FERRICO			OXIDO DE ETILENO	230	110
(50% DE H ₂ O)	300	150	ACIDO SULFIDRICO		
HIDROXIDO FERRICO	300	150	(HUMEDO)	300	150
NITRATO FERRICO	300	150	ACIDO HIPOCLOROSO	300	150
SULFATO FERRICO	300	150	HIDROQUINONA	250	120
CLORURO FERROSO	300	150	GASES INERTES	300	150
HIDROXIDO FERROSO	300	150	YODO (SECO)	230	110
NITRATO FERROSO	300	150	YODO (HUMEDO)	230	110
SULFATO FERROSO	300	150	YODOFORMO	230	110
ACIDO FLUOROBORICO	275	135	ISOPROPILAMINA	120	50
ACIDO LACTICO	250	120	GASES FLUORINADOS	100	40
ACIDO FORMICO	275	135	FORMALDEHIDO (37% H ₂ O)	230	110
FREON ^R 11	230	110	ACIDO LAURICO	250	120
FREON ^R 12	230	110	CLORURO LAURICO	275	135
FREON ^R 22	230	110	SULFATO LAURICO	250	120
COMBUSTIBLE	300	150	ACEITE DE LIMON	250	120
FURANO	150	65	ACIDO LINOLEICO	275	135
ACIDO FUMARICO	200	95	ACEITE DE LINAZA	300	150
FURFURAL	212	100	BROMURO DE LITIO (SATURADO)	250	120
HIDROXIDO DE LITIO	300	150	ACIDO GALICO	212	100
ACEITE LUBRICANTE	300	150	CARBONATO DE MAGNESIO	300	150

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEZEL®
SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO		SUSTANCIA	TEMPERATURA MAX. DE USO	
	°F	°C		°F	°C
GAS NATURAL	300	150	CLORURO DE MAGNESIO	300	150
HIDROXIDO DE MAGNESIO	300	150	NITRATO DE MAGNESIO	300	150
GLUCOSA	300	150	SULFATO DE MAGNESIO	300	150
GLICEROL	300	150	ACIDO MALEICO	275	135
ACIDO GLICOLICO	250	120	ANHIDRIDO MALEICO	200	95
GLICOL	275	135	ACIDO MALICO	275	135
HEPTANO	300	150	CLORURO MERCURICO	275	135
HEXANO	300	150	CIANURO MERCURICO	275	135
HIDRACINA	100	40	NITRATO MERCURICO	275	135
DICLORURO HIDRACINA	125	50	MERCURIO	275	135
METANO	250	120	ACIDO METACRILICO	200	95
ACIDO METANO SULFONICO (50%)	230	110	ACIDO BROMHIDRICO (50%)	300	150
ACIDO CLORHIDRICO (CONCENTRADO)	300	150	ALCOHOL METILICO	300	150
METIL BENZOATO	250	120	ACIDO CLORHIDRICO (20%)	300	150
METIL BROMURO	300	150	n-METIL ANILINA	250	120
ACIDO FLUORHIDRICO (70%)	250	120	ACIDO CLORHIDRICO (GAS)	300	150
ACIDO FLUORHIDRICO (100%)	230	110	ACIDO CIANHIDRICO	300	150
HIDROGENO	300	150	ACIDO FLUORHIDRICO (35%)	275	135
PEROXIDO DE HIDROGENO (30%)	250	120	METIL CLORURO	300	150
METILEN BROMURO	212	100	METIL CLOROFORMO	150	65
METILEN CLORURO	212	100	METIL CLOROMETIL ETHER	175	80
ANHIDRO OPTALICO	212	100	METIL CIANOACETATO	175	80
ACIDO PICRICO	125	50	ACIDO METIL SULFURICO	212	100
POLIVINIL ACETATO	300	150	PEROXIDO DE HIDROGENO (90%)	150	65
LECHE	212	100	METILEN YODURO	212	100
MONOCLOROBENCENO	230	110	METIL METACRILATO	175	80
MONOETANOLAMINA	150	65	METIL SALICILATO	200	95
BROMATO DE POTASIO	300	150	ALCOHOL POLIVINILICO	300	150
BROMURO DE POTASIO	300	150	ACEITE MINERAL	300	150
CARBONATO DE POTASIO	300	150	BICARBONATO DE POTASIO	300	150
CLORATO DE POTASIO	300	150	BORATO DE POTASIO	300	150
CLORURO DE POTASIO	300	150	NAFTA	300	150
			NAFTALENO	300	150
			CLORURO DE NIQUEL	300	150
			NITRATO DE NIQUEL	300	150
			SULFATO DE NIQUEL	300	150

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFLON*

SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

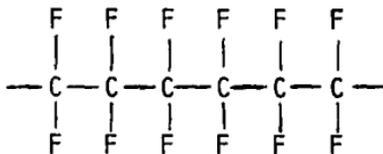
SUSTANCIA	TEMPERATURA		SUSTANCIA	TEMPERATURA	
	MAX. DE USO			MAX. DE USO	
	°F	°C		°F	°C
CROMATO DE POTASIO	300	150	NICOTINA	212	100
CIANURO DE POTASIO	300	150	ACIDO NICOTINICO	250	120
DICROMATO DE POTASIO	300	150	ACIDO NITRICO (70%)	150	65
ACIDO NITRICO (50%)	212	100	FERROCIANURO DE POTASIO	300	150
FLUORURO DE POTASIO	300	150	ACIDO NITRICO-ACIDO		
HIDROXIDO DE POTASIO (50%)	212	100	SULFURICO (50/50)	212	100
HIPOCLORITO DE POTASIO	275	135	NITROBENCENO	300	150
PERBORATO DE POTASIO	275	135	GAS NITROGENO	300	150
PERCLORATO DE POTASIO	212	100	DIOXIDO DE NITROGENO	212	100
PERMANGANATO DE POTASIO	300	150	NITROMETANO	212	100
SULFATO DE POTASIO	300	150	OCTANO	300	150
SULFURO DE POTASIO	300	150	ACIDO NITROSO	212	100
ACIDO OXALICO	230	110	PERSULFATO DE POTASIO	150	65
OXIGENO	300	150	OCTENO	300	150
OZONO	300	150	ACIDO OLEICO	275	135
ACIDO PALMITICO	275	135	ACIDO PRIOPINICO	212	100
PERCLOROETILENO	275	135	PROPANO	275	135
ACIDO PERCLORICO (72%)	150	65	ALCOHOL PROPILICO	212	100
ACIDO PERCLORICO (10%)	230	110	PROPILEN DIBROMURO	212	100
PETROLEO	300	150	PROPILEN DICLORURO	212	100
ACIDO SALICILICO	250	120	PROPILEN GLICOL METIL ETER	212	100
SALMUERA	300	150	OXIDO DE PROPILENO	150	65
AGUA DE MAR	300	150	PIRIDINA	150	65
FENILHIDRACINA	212	100	PETROLATO	300	150
CIANURO DE PLATA	300	150	SALICILALDEHIDO	212	100
NITRATO DE PLATA	300	150	FENOL (100%)	212	100
ACIDO FOSFORICO (30%)	300	150	FENOL (10%)	230	110
PENTOXIDO FOSFOROSO	230	110	ACIDO FENOLSULFONICO	212	100
OKICLORURO FOSFOROSO	212	100	CLORURO DE PLATA	300	150
BISULFITO DE SODIO	300	150	FENILFENOL	212	100
			ACETATO DE SODIO	300	150
			ACIDO FOSFORICO (85%)	275	135
			BICARBONATO DE SODIO	300	150
			BISULFATO DE SODIO	300	150
			PENTAFLUORURO FOSFOROSO	212	100

TABLA DE RESISTENCIA QUIMICA DE TEFZEL®
SUSTANCIAS ORGANICAS E INORGANICAS

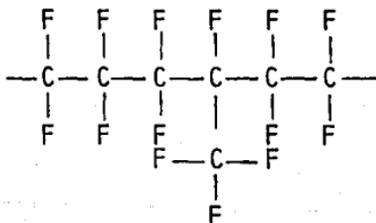
SUSTANCIA	TEMPERATURA		SUSTANCIA	TEMPERATURA	
	MAX. DE USO			MAX. DE USO	
	°F	°C		°F	°C
TRICLORURO FOSFOROSO	250	120	BORATO DE SODIO	212	100
BROMURO DE SODIO	300	150	ACIDO OPTALICO	212	100
TETRAHIDROFURANO	212	100	CARBONATO DE SODIO	300	150
HIDROXIDO DE TETRAMETIL AMONIO (50%)	212	100	CLORATO DE SODIO	300	150
CIANURO DE SODIO	300	150	CLORURO DE SODIO	300	150
DICROMATO DE SODIO	212	100	CROMATO DE SODIO	300	150
FERRUCIANURO DE SODIO	300	150	TOLUENO	250	120
FLUORURO DE SODIO	300	150	TRIBUTIL FOSFATO	150	65
2,4,5-TRICLOROFENOL	212	100	ACIDO TRICLOROACETICO	212	100
TRIE TANOLAMINA	150	65	TRICLOROETILENO	275	135
HIDROXIDO DE SODIO (10%)	230	110	TRICLOROMETANO	212	100
HIPOSULFITO DE SODIO	300	150	HIDROXIDO DE SODIO (50%)	230	110
DIOXIDO DE TITANIO	300	150	FOSFATO TRISODIO	275	135
METASILICATO DE SODIO	300	150	HIPOCLORITO DE SODIO	300	150
NITRITO DE SODIO	300	150	YODURO DE SODIO	300	150
PERBORATO DE SODIO	212	100	TETRACLORURO DE TITANIO	212	100
ACEITE VEGETAL	300	150	NITRATO DE SODIO	300	150
PERSULFATO DE SODIO	175	80	UREA (50% AGUA)	275	135
FOSFATO DE SODIO	300	150	PERCLORATO DE SODIO	150	65
SILICATO DE SODIO	300	150	PEROXIDO DE SODIO	300	150
AGUA	300	150	VINIL ACETATO	275	135
SULFATO DE SODIO	300	150	VINIL CLORURO (MONOMERO)	150	65
XILENO	250	120	AGUA SUAVIZADA	275	135
ACETATO DE ZINC	250	120	SULFITO DE SODIO	300	150
CLORURO DE ZINC	300	150	TIOSULFATO DE SODIO	300	150
CLORURO DE ESTAÑO	300	150	ACIDO ASCORBICO	275	135
NITRATO DE ZINC	300	150	HIDROSULFITO DE ZINC (10%)	250	120
SULFURO DE ZINC	300	150	CLORURO ESTANOSO	300	150
SULFATO DE ZINC	300	150	FLUORURO ESTANOSO	250	120
ESTIRENO (MONOMERO)	212	100	ACIDO ESTEARICO	300	150
ACIDO SULFURICO (60%)	300	150	ACIDO SUCCINICO	275	135
ACIDO SULFUROSO	230	110	ACIDO SULFURICO (CONC.)	300	150
2,3,4,6-TETRACLOROFENOL	212	100	ACIDO TARTARICO	212	100

ESTRUCTURAS DE LAS RESINAS TEFLON⁺

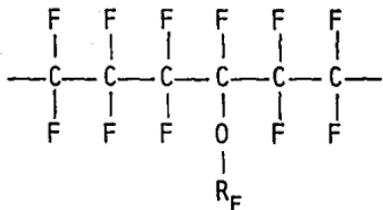
T.F.E.



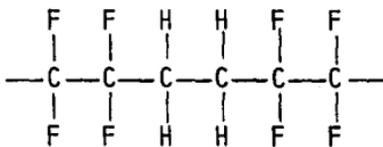
F.E.P.



P.F.A.



TEFZEL



T A B L A

D E

E Q U I V A L E N C I A S

TABLA DE EQUIVALENCIAS.

PARA PASAR DE	A	MULTIPLIQUESE POR
BTU/(h)(pie ²)(°F/pie)	Joules/(s)(m)(°C)	1.731
BTU/(lb)(°F)	Cal/(g)(°C)	1.0
Lb/pulg ²	Kg/cm ²	0.07031
Pie/min	m/s	0.00508
Lb/pie ³	g/cm ³	0.016018
mmHg	Atm.	0.00131
mmHg	Kg/cm ²	0.00135
pulg.	mm.	25.4
°F	°C	5/9(°F-32)

G L O S A R I O

GLOSARIO

Coalescencia: Fenómeno que caracteriza la destrucción de una emulsión por la separación de sus partículas -- constituyentes, las que al adherirse entre sí forman -- una sola capa que precipita en el fondo del recipiente o sobrenada, según sea el caso.

Composiciones reforzadas: Mezclas de teflón⁺ con materiales inorgánicos. Estas mezclas pueden desarrollar mayor resistencia a la compresión, dureza, rigidez y resistencia al desgaste.

Tienen una baja resistencia a la tracción y alargamiento, y generalmente requieren una mayor presión de premoldeado.

F.E.P.: Fluoretileno-propileno.

Hornear: Hacer que una masa se vuelva coherente y no porosa calentándola sin fundirla. Este término proviene de la terminología metalúrgica. En el caso de re

sinas del P.T.F.E., las partículas individuales son -- fundidas lo suficiente para que la resina entre en los vacíos de un premoldeado y para establecer un punto de aglomeración-fusión entre las partículas.

Isostático: En equilibrio estático.

Molde: El recipiente en el cual se realiza la operación de premoldeado, generalmente de metal de suficiente espesor y resistencia para soportar la operación de premoldeado sin deformación.

Moldear: Realizar la operación completa de convertir el polvo de moldear en un objeto acabado. Es decir conducir las operaciones de premoldeado y horneado consecutivamente.

P.F.A.: Polifenol-alcóxido.

Premoldeado: Un objeto producido por el premoldeado y antes del horneado. Un premoldeado es suficiente-

mente fuerte para ser trasladado y colocado en un horno, pero si se deja caer o doblarse se puede romper o sufrir fracturas, principalmente en el caso de secciones finas. Generalmente es liso y lustroso y se puede perforar con una uña.

Premoldear: Formar o dar forma con anticipación. En el caso de las resinas de P.T.F.E., la compresión de los polvos de moldear a través de la aplicación de presión (fuerza compresiva). La compactación remueve la mayor parte del aire y establece una aglomeración entre las partículas de polvo.

P.T.F.E.: Politetrafluoretileno

Revenido: Tratamiento térmico que se le da al acero previamente templado, para disminuir su fragilidad y aumentar su dureza. Consiste en calentar el metal a una temperatura situada por debajo del punto de transformación y dejarlo enfriar lentamente. El revenido se efectúa comunmente mediante baños adecuados; por ejem-

plo baño de aceite de nitrato de sodio, arena o aire -
caliente.

TEFZEL*: Copolímero fluorinado de etileno propileno.

T.F.E.: Tetrafluoretileno.

B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA

- 1) Chemical Abstracts
Teflón-50 slippery years
Vol. 110, 7096j
1989
- 2) Chemical Abstracts
Use of volume averaging for modeling of thermal properties of porous materials
Vol. 110, 64710d
1989
- 3) Chemical Abstracts
Modified poly(tetrafluoroethylene) fine powder
Vol. 98, 163852w
1982
- 4) Chemical Abstracts
Use of Teflon in industry
Vol. 96, 1981
- 5) Chemical Abstracts
Use of efficient steel alloys and polymeric materials in the production of especial technological equipment
Vol. 110, 237112r
- 6) Chemical Abstracts
Role of surface moisture of samples in determination of volume resistivity of polymers
Vol. 110, 213848j
- 7) Chemical Abstracts
Hiflon: the role of Hindustan Fluorocarbons Ltd.
Vol. 110, 58583y
1989

- 8) Chemical Abstracts
Blends with thermoplastics and carbon fibers impact-resistant
Vol. 110, P174518e
1989
- 9) Chemical abstracts
P.T.F.E. alications development center
Vol. 110, 40075z
- 10) Chemical Abstracts
P.T.F.E. applications spectrum
Vol. 110, 40073x
1989
- 11) Machine Desing
Fluoroplastics
April 18
1985
- 12) J. A. Brydson
Materiales plásticos
Editado por el Instituto de Plásticos y Caucho
1969
- 13) R. A. Flinn & P. K. Trojan
Materiales de ingeniería y sus aplicaciones
Ed. Mc. Graw Hill
1979
- 14) R. P. Ligero
Enciclopedia Barsa Vol 12
Editado por enciclopedia Británica.

- 15) Kirk-Othmer
Enciclopedia de tecnología química
Tomo XIV, X, XII

- 16)
Manual de riegel de Química Industrial
Editorial C.E.C.S.A.

- 17) J. Frados
Plastics Engineering Handbook
Van Nostrand Reinhold Company
1976

- 18) Boletín Resinas Fluoropoliméricas
Impreso E.U.A.
Du Pont
1980

- 19) Bulletin Plastics Department.
E. I. Du Pont de Nemours & Co Inc. Wilmington
Delaware 19898
U.S.A.
1981

- 20) Boletín Teflón⁺ en la industria química
Du Pont
U.S.A.
1978

- 21) Boletín Novedades de teflón⁺
Vol 2 No. 1
Du Pont
Enero-Marzo 1967

- 22) Boletín Novedades de teflón⁺
Vol. 4 No. 1
Du Pont
Enero, Febrero, Marzo 1969
- 23) G. L. Clark & G. G. Hawley
Enciclopedia química
Ediciones Omega S. A.
1961
- 24) S. H. Avner
Introducción a la metalurgia física
Ed. Mc Graw Hill
1966
- 25) F. L. Singer & A. Pytel
Resistencia de materiales
3a. edición
Ed. Harla
1982
- 26) R. H. Perry & C. H. Chilton
Manual del Ingeniero Químico
5a edición
Ed. Mc. Graw Hill
1982
- 27) Técnicas para moldeado por transferencia de juntas
revestidas con teflón⁺ F.E.P., P.F.A. y TEFZEL*
Du Pont
1989

- 28) Boletín teflón⁺ reforzado
Editado por Fluorocarbons Works S.A. de C.V.
1987
- 29) Bulletin Chemical use temperature guide TEFZEL*
Editado por E.I. Du Pont de Nemours & Co Inc.
Plastics Products & Resins Department Wilmington
1989
1989
- 30) Aplicaciones de resinas teflón⁺
Du Pont
1980
- 31) Corrosion Protection with Du Pont Fluoroplastics
Du Pont
1988
- 32) Teflón⁺ P.T.F.E. Fluorocarbons resins
Du Pont
1980
- 33) Bulletin Fluorocarbon resins desing
Du Pont
1989
- 34) Information Bulletin T-1045 Teflón⁺ P.T.F.E. fluo-
rocarbon resins. Polymer products department
Du Pont
1988

- 35) Bulletin Properties Handbook of teflon⁺ P.F.A. resins
for desing Engineers
Du Pont
1989
- 36) Information Bulletin Polychemicals department. Teflon⁺
tetrafluorethylene resin extrusion of thinwall tubing
E. I. Du Pont de Nemours & Co Inc. Wilmington Delaware
No. X-81a
- 37) Information Bulletin on teflon⁺. Use of Inorganic
additives X-60b
Du Pont U.S.A.
- 38) U. S. Patent 2.230.654
Kinetic Chemicals Inc.
- 39) U. S. Patent, 2.393.967
Du Pont
- 40) U.S. Patent, 2.534.058
Du Pont