

suministro
de
especialidades

Una empresa  Formerra

Hule, adhesivos, plásticos y recubrimientos



MILLATHANE®

Hule Poliuretano molineable

Propiedades de diseño

CIUDAD DE MÉXICO | GUADALAJARA | MONTERREY

PROPIEDADES CLAVE DEL POLIURETANO MILLATHANE®

Industrias TSE ha estado trabajando en poliuretanos molineables desde 1962, por lo que se han convertido en el fabricante más grande de una línea completa de hule poliuretano molineable llamado **Millathane®**. Posee una combinación de propiedades físicas que no se encuentran en otros hules naturales o sintéticos y hace una contribución significativa al mercado de hules de alto desempeño.

Las propiedades del **Millathane®** demandadas en aplicaciones de alto desempeño son las siguientes:

		
Excelente resistencia a la Compresión Set	Excelente resistencia a la Permeabilidad de los Gases	Flexibilidad a baja temperatura y también sobrevive temperaturas de hasta 120 °C
		
Excelentes resistencias al Aceite, Oxígeno y al Ozono	Habilidad para soporte de Carga Dinámica	Resistencia sobresaliente a la Abrasión

Los compuestos curados por peróxido, especialmente los grados de poliéster poliuretano, tienen buena resistencia al calor y a la *compression set*, siendo capaces de soportar temperaturas continuas de hasta 100 °C y temperaturas intermitentes de hasta 120 °C. Los compuestos curados por azufre generalmente tienen mejores propiedades de resistencia a la tensión, incluyendo también resistencia a la abrasión en comparación a los curados por peróxido. Los compuestos curados por isocianato tienen resistencia sobresaliente a la tensión y al desgarre, así como resistencia a la abrasión en compuestos de durezas más altas (75 – 99 Shore A a 65 Shore D).

Los polímeros tipo poliéster del hule poliuretano muestran una excelente resistencia a aceite y a temperaturas moderadas. Los uretanos de poliéster también son mejores en resistencia a la abrasión. Los polímeros tipo poliéter son hidrolíticamente más estables y son resistentes a la abrasión por pellizcamiento debido a su alta resiliencia.



APLICACIONES

El hule poliuretano **Millathane**® se utiliza en muchos mercados industriales tales como máquinas industriales, automotriz, textil y calzado. Las aplicaciones típicas de alto desempeño incluyen cubiertas para rodillos, bandas, o-rings, gaskets, diafragmas, sellos, aisladores de vibración, parachoques, impulsores, suela de zapatos y tubos para mangueras así como cubiertas.

Algunas de las aplicaciones que toman ventaja del amplio potencial de diseño de los uretanos molineables **Millathane**® incluyen llantas sólidas, rodillos cubiertos de hule, rodamientos, copas de succión, dispositivos médicos, diafragmas, gaskets, cojines probadores, calzado deportivo, bandas, tapas militares antipolvo, bota neumática de deshielo para aviones y parachoques absorbedores de golpes.

GRADOS DE POLIURETANO MOLINEABLE

TSE produce uretanos molineables **Millathane**® tanto en grados de poliéster como poliéter. Los grados poliéter tienen mejor resistencia al agua y a la hidrólisis que los grados poliéster, mientras que los grados poliéster tienen mejor *compression set* y al calor, así como mayor resistencia al aceite que los grados poliéter.

La gran mayoría de los grados de **Millathane**® se encuentran disponibles en un rango de viscosidades y están disponibles como balas / pacas densas u hojas premezcladas. Los grados de poliéster premezclados contienen 1.5 ppch de estabilizador a la hidrólisis policarbodiimida. Todos los grados son curables con peróxido. Los grados curados con azufre incluyen al **Millathane**® **E34, E40, CM, 55, 76, y HT.**

GRADOS	PROPIEDADES CLAVE	APLICACIONES TÍPICAS
Millathane® 26	Cumple con regulaciones de la FDA 21CFR177.2600.	Rodillos, bandas y partes moldeadas. Aplicaciones alimenticias y no alimenticias.
Millathane® 55	Viscosidad más baja y más alta dureza vs. Millathane® E34 .	Rodillos y partes moldeadas.
Millathane® 97	Transparencia y alta resistencia a la abrasión.	Suelas de zapato transparentes y componentes para zapato. Partes coloridas y brillantes.
Millathane® CM	Excelentes propiedades de resistencia a la tensión y a baja temperatura.	Las partes militares y aeroespaciales que requieren excelente resistencia a la tensión y a baja temperatura.
Millathane® E34	Resistencia a la abrasión e hidrólisis.	Rodillos cubiertos de hule para industrias del papel e impresión, calzado.
Millathane® E40	Propiedades sobresalientes a baja temperatura.	Partes militares y aeroespaciales que requieren propiedades óptimas a baja temperatura.
Millathane® 66R	Excelente resistencia al calor, aceite y deformación por compresión.	Sellos, gaskets, bandas, y rodillos que necesiten alta resistencia a la deformación por compresión, y alta resistencia al calor.
Millathane® 76	Excelente resistencia a la abrasión y al aceite.	Rodillos, o-rings, gaskets, copas de succión, aisladores de vibración, llantas.
Millathane® 5004	Resistencia a aceites y a solventes.	Copas de succión, diafragmas, rodillos para impresión y manejo de papel.
Millathane® HT	Excelentes propiedades friccionales y a baja temperatura.	Bandas, rodillos, gaskets que requieren excelentes características para resistir fricción.
Millathane® UV	Una tecnología de curado UV que puede utilizarse con polímeros Millathane® . Esta tecnología proporciona un sistema de curado a baja temperatura que puede utilizarse para extrusiones de vulcanización continua, hojas calandreadas y productos moldeados. Utiliza luz UV para lograr propiedades similares a los sistemas de peróxido.	

GRADOS DE THANECURE®

TSE produce dos productos **Thanecure®** que se utilizan para la vulcanización de hules molineables de uretano.

THANECURE® ZM

Activador / Acelerador de curado para poliuretanos molineables base azufre, típicamente se utiliza a nivel de 1 ppch.

THANECURE® T9SF

El TDI dimerizado se utiliza como agente de vulcanización para uretanos molineables curados por isocianato, típicamente junto HQEE y el acelerador. También se utiliza como promotor de adhesión para adhesión hule a textiles.

ESCOGIENDO EL POLIURETANO MOLINEABLE MILLATHANE® CORRECTO

La tabla de abajo muestra una comparación de propiedades de todos los grados disponibles de **Millathane®**, incluyendo una comparación de compuestos curados por azufre y por peróxido para aquellos grados de **Millathane®** que pueden ser curados por ambas formas. Para el **Millathane® 26**, se hace una comparación de compuestos que son curados por peróxido e isocianato (**Thanecure® T9SF / HQEE**). Las calificaciones son aproximadas y pueden ser diferentes para diferentes formulaciones de diferentes durezas y propiedades.

GRADO DE MILLATHANE®	66	76		5004	HT		26	55	97	CM		E34		E40			
TIPO DE POLIURETANO																	
Curado (P=Peróxido, S=Azufre, I=Isocianato)	P	S	P	P	S	P	P	I	S	P	P	S	P	S	P	S	P
PROPIEDADES FÍSICAS ¹																	
Resistencia a la tensión	★	★	▲	▲	▲	▲	▲	★	★	▲	▲	★	▲	★	▲	★	▲
Rebote	▲	■	■	▲	▲	▲	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Resistencia a la abrasión	▲	▲	▲	▲	★	▲	▲	★	★	▲	▲	★	▲	★	▲	★	▲
Resistencia al desgarre	▲	★	▲	★	▲	■	▲	★	▲	▲	▲	★	▲	▲	▲	▲	▲
Propiedades mecánicas (Alta dureza)	▲	▲	▲	▲	■	■	▲	★	★	■	▲	▲	▲	▲	■	▲	■
Propiedades mecánicas (Baja dureza)	■	★	▲	▲	▲	■	▲	○	▲	■	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Compression set a 70 °C	★	■	★	▲	▲	★	▲	■	■	▲	▲	■	▲	■	▲	■	▲
Compression set a 100 °C	★	■	★	▲	▲	▲	▲	○	■	▲	■	■	▲	■	▲	■	▲
Resistencia al calor	★	■	▲	★	■	★	■	■	■	▲	■	■	▲	■	▲	■	▲
Desempeño a baja temperatura	★	■	■	▲	★	★	▲	▲	■	■	▲	★	★	■	■	★	★
Impermeabilidad a los gases	▲	▲	▲	★	★	★	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Transparencia (Artículos curados)	■	○	■	■	○	○	■	○	○	■	★	○	○	○	■	○	■
Resistencia a la hidrólisis (agua)²	■ ²	★	▲	★	★	★	★	★	★	★	★	★					
Resistencia al aceite	★	★	★	★	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Resistencia al diesel/biodiesel	★	★	★	★	▲	▲	■	■	▲	▲	■	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Resistencia a la gasolina	★	★	★	★	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Gasohol (Gasolina/Etanol 90/10)	▲	▲	▲	▲	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Usos FDA (Cumple con 177.2600)	○	○	○	○	○	○	★	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PROCESAMIENTO																	
Moldeo por compresión	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Moldeo por transferencia	★	▲	★	★	★	★	★	○	★	★	★	★	★	★	★	★	★
Moldeo por inyección	★	▲	★	★	▲	★	★	○	▲	★	★	▲	★	▲	★	▲	★
Extrusión³	★	▲	▲	▲	▲	▲	○	★	★	★	▲	▲	★	★	★	★	★
Vulcanización por vapor⁴	○	○	○	○	○	○	▲	○	★	▲	▲	★	▲	★	▲	★	▲
Vulcanización en aire caliente⁵	○	★	○	○	▲	○	▲	○	★	▲	▲	★	▲	★	▲	★	▲

★=Excelente ▲=Buena ■=Regular ○=N/A o datos insuficientes

¹ Propiedades relativas (a otros polímeros/compuestos de Millathane®).

² La resistencia a la hidrólisis de los uretanos de poliéster pueden mejorar significativamente por la adición de estabilizadores de hidrólisis de carbodiimida. Los grados premezclados contienen 1.5 ppch de Millstab™ P, como un estabilizador de hidrólisis de carbodiimida.

³ Únicamente para construcción de rollos extruidos o preformas (Nota: El Millathane® UV puede ser extruido y curado continuo con lámparas UV).

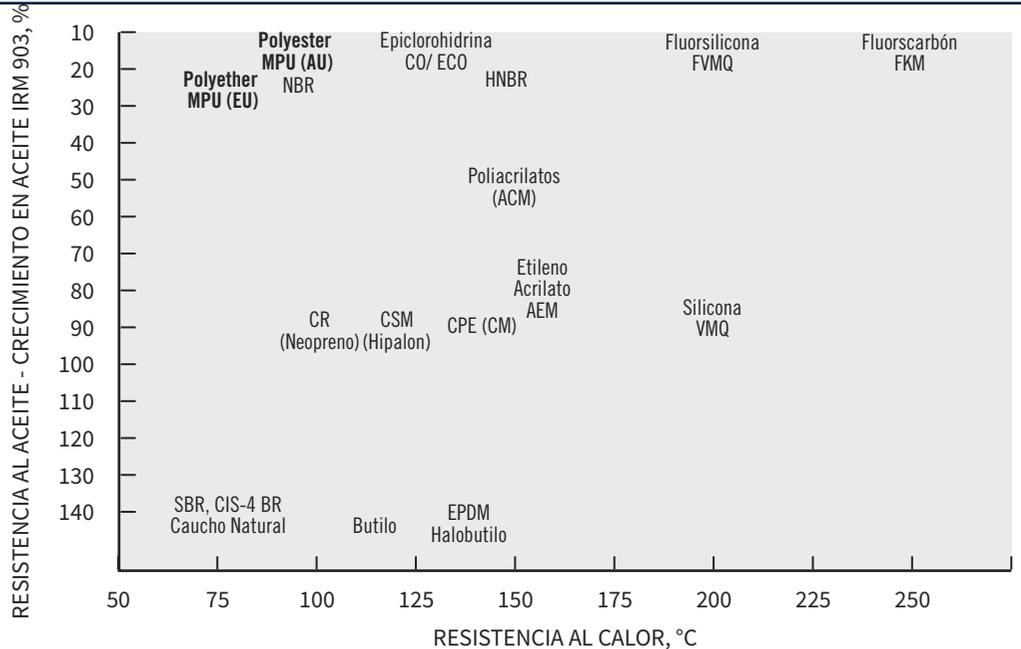
⁴ El compuesto debe estar completamente protegido del contacto directo con vapor.

⁵ Los compuestos curados por peróxido pueden curarse en aire caliente (con presión) si se protege del contacto con aire/oxígeno.

GRÁFICO DE LA NORMA ASTM D2000

Una forma común de comparar diferentes tipos de hule es por sus propiedades de resistencia al calor y de resistencia a aceites. Basado en los requisitos de la ASTM D2000, la tabla de abajo muestra que el **Millathane®** tiene buena resistencia a aceites, similar al NBR y al HNBR, y moderada resistencia al calor (de hasta 100 °C – 125 °C), similar a aquel del neopreno y los hules de NBR.

RESISTENCIA AL ACEITE Y AL CALOR (BASADO EN ASTM D2000)



DUREZA

Los uretanos molineables **Millathane®** pueden ser mezclados para hacer productos en el rango de dureza de 30 a 99 Shore A y hasta una dureza de 65 Shore D, aunque los productos más útiles están en el rango de 50 a 80 shore A.

RESISTENCIA A LA TENSIÓN Y AL DESGARRE

Es posible obtener valores tan altos como 51 MPa (7500 psi) de resistencia a la tensión y 157 ^{kN}/m (900 ^{lb}/in.) de resistencia al desgarre, con curados de isocianato, proporcionando las más altas propiedades. Los productos con propiedades más bajas que estos valores también se desempeñan de forma excelente. Las partes mecánicas hechas de hule rara vez se utilizan a su máxima resistencia a la tensión, típicamente dentro de un 20% de elongación o compresión.

RESISTENCIA A LA TENSIÓN A ALTAS TEMPERATURAS

La buena retención de propiedades a altas temperaturas es importante para aplicaciones tales como sellos, gaskets y bandas que se someten a altas temperaturas durante el uso. Los compuestos de hule uretano no se conocen por su alta resistencia a la temperatura, ya que tienden a ablandarse significativamente a temperaturas por encima de 150 °C. Los compuestos pueden tener una buena retención de propiedades a temperaturas moderadas, aún mejor que polímeros como el HNBR.

PROPIEDADES FÍSICAS			MILLATHANE® 5004		HNBR	
Prueba a 23 °C	DUREZA, SHORE A	TSE-100*, MPA	75	5.2	73	3.7
Prueba a 52 °C	TSE-100*, MPa	% de Cambio	4.3	-16	2.8	-24
Prueba a 107 °C	TSE-100*, MPa	% de Cambio	4.1	-21	2.7	-28
Prueba a 135 °C	TSE-100*, MPa	% de Cambio	3.9	-25	2.6	-30

*TSE-100 = Módulo al 100% de elongación.

PROPIEDADES A BAJAS TEMPERATURAS

Como regla general, los uretanos molineables de **Millathane®** tienen buenas propiedades a bajas temperaturas. Los compuestos basados en grados de poliéter presentan puntos de resquebrajamiento a temperaturas tan bajas como -68 °C, y los compuestos basados en grados de poliéster presentan puntos de resquebrajamiento a temperaturas tan bajas como -60 °C.

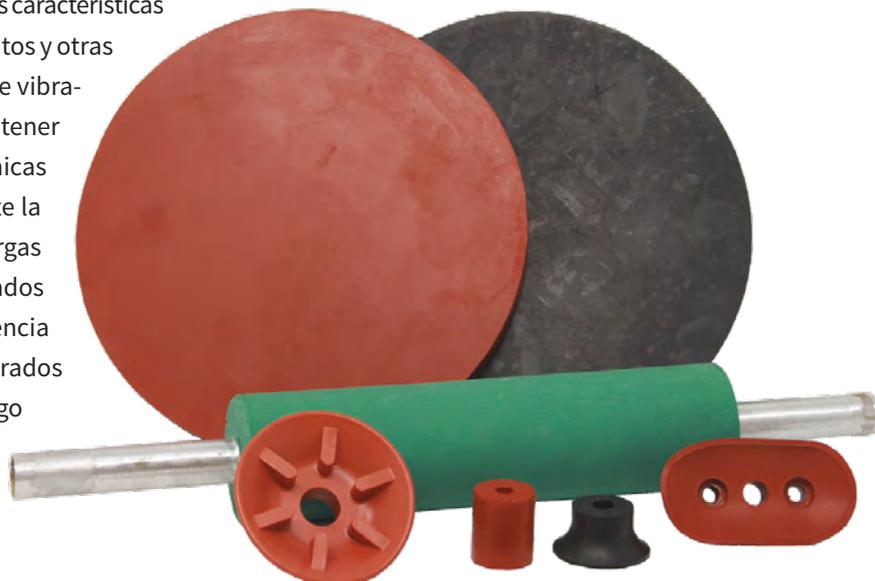
La flexibilidad a baja temperatura es tan importante para aplicaciones tales como sistemas anticongelación de aeronaves, partes automotrices y mangueras para uso a temperatura fría.

Algunos grados molineables, tanto de poliéter como de poliéster, pueden rigidizarse considerablemente a bajas temperaturas debido a la cristalización del polímero (Ver cristalización). Los grados que son más resistentes al endurecimiento por baja temperatura son los grados de poliéter **Millathane® CM y E400** y los grados de poliéster **Millathane® HT y 66**.

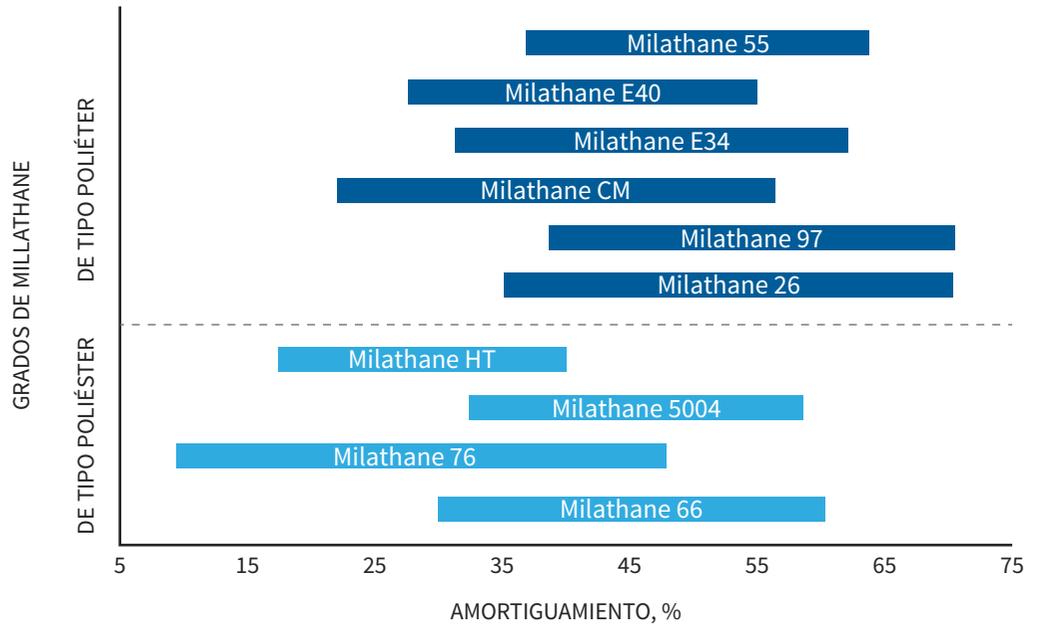
RESILIENCIA / AMORTIGUAMIENTO

La resiliencia es una medida de las características de rebote del hule. La resiliencia Bashore, que se prueba con el método ASTM D2632, es una prueba conveniente de resiliencia. La prueba se corre al dejar caer un émbolo de masa y geometría específicas desde una altura fija en la superficie de la muestra de la prueba. La proporción de la distancia que el émbolo rebota a la distancia que émbolo viaja antes del impacto es la Resiliencia Bashore, expresada como un porcentaje.

Los uretanos molineables **Millathane®** pueden tener valores de resiliencia (rebote) que varían por debajo del 10%, como se ve con otros compuestos de **Millathane® 76**, hasta un 60%, como se ve con otros grados de poliéter. Los compuestos de baja resiliencia generalmente tienen excelente amortiguamiento de las características de vibración y se utilizan en empaques de instrumentos y otras aplicaciones donde se necesite amortiguamiento de vibraciones. Los compuestos de alta resiliencia tienden a tener menor acumulación de calor en aplicaciones dinámicas tales como rodillos cubiertos de hule. Generalmente la resiliencia será más alta con menor cantidad de cargas y más baja con mayor cantidad de cargas. Los curados con peróxido tenderán a proporcionar mayor resiliencia que los curados por azufre. Basado en diferentes grados de **Millathane®**, la gráfica de abajo muestra el rango de los valores de resiliencia que los compuestos pueden lograr.



AMORTIGUAMIENTO DE LOS COMPUESTOS MILLATHANE®



RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

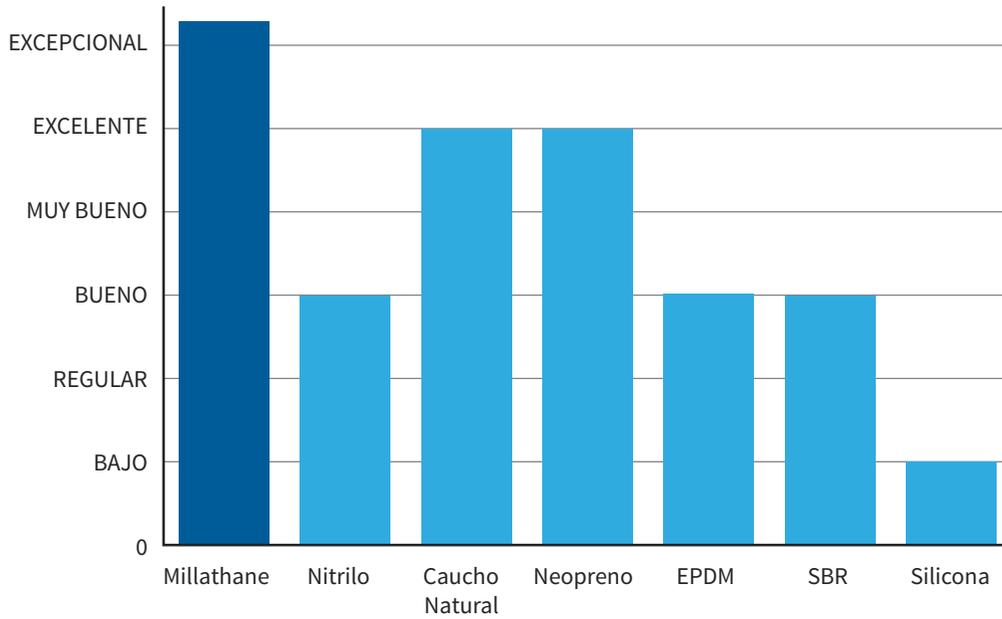
La resistencia a la abrasión es la habilidad de una superficie de resistir el desgaste debido al contacto con otra superficie que se mueve con respecto a ella. La alta resistencia a la abrasión es importante en aplicaciones como rodillos, bandas y cubiertas antipolvo para helicópteros. La prueba de abrasión DIN (ASTM D5963) es una de las pruebas más comunes para medir la resistencia a la abrasión. La muestra se conforma de un cilindro rotatorio que se pasa a través de un tambor rotatorio de abrasivo y se mide la cantidad de muestra perdida. Los valores típicos de resistencia a la abrasión para los compuestos de uretano molineable **Millathane®** son de 50 – 80 mm³. Algunos compuestos tienen valores de resistencia a la abrasión tan bajos como 25 mm³, dependiendo del polímero, el sistema de curado y la formulación. Los hules de poliuretano proporcionan la resistencia a la abrasión más alta de cualquier hule, sintético o natural. Las pruebas de laboratorio no siempre predicen la ventaja de los compuestos **Millathane®** por encima de otros hules, pero la experiencia en campo a menudo muestra una mejora tremenda en la vida de anaquel del producto cuando los uretanos molineables reemplazan un hule convencional.

COMPRESSION SET (RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN POR COMPRESIÓN)

La *compression set* es la resistencia a una deformación permanente después de la aplicación de una carga o deformación a un tiempo y temperatura específicas. Un método de prueba típico es el Método B de la ASTM D395, donde una muestra de 1 pulgada de diámetro por 0.5 pulgadas de alto se comprime 25% y luego se coloca en un horno por un tiempo y temperatura específico. Una vez que se quita del horno y del dispositivo en el que se pone, se permite que la muestra relaje por 30 minutos y la cantidad de deformación se mide.

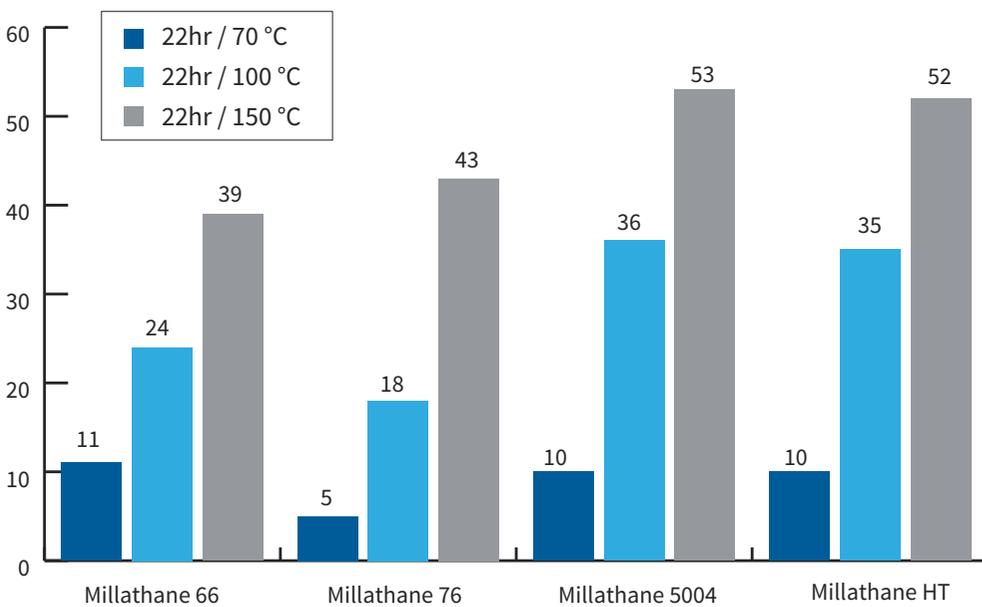
Los **Millathane®** curados por peróxido tienen buenas características de *compression set* a temperaturas de hasta 125 °C, con el porcentaje de *compression set* incrementando conforme la temperatura incrementa (como es típico para todos los hules). La tabla correspondiente compara

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (RELATIVA)



la *compression set* de cuatro grados de poliéster **Millathane®** a 70 °C, 100 °C y 125 °C. Aún cuando se pueden lograr niveles más bajos de *compression set*, con el **Millathane® 66** proporcionando la mejor (la más baja) *compression set* a temperaturas elevadas (Ver envejecimiento por calor). Generalmente, los uretanos de poliéster tendrán mejor *compression set* para comparar otros grados de poliéster. Los compuestos de uretano molineable curados por peróxido tendrán mucho mejor (más baja) *compression set* cuando se comparan con otros compuestos curados por azufre, especialmente cuando se incluyen coagentes junto con los peróxidos.

COMPRESSION SET DE MILLATHANE CURADO POR PEROXIDO, COMPUESTO NEGRO REFORZADO (ASTM D 395 MÉTODO B)

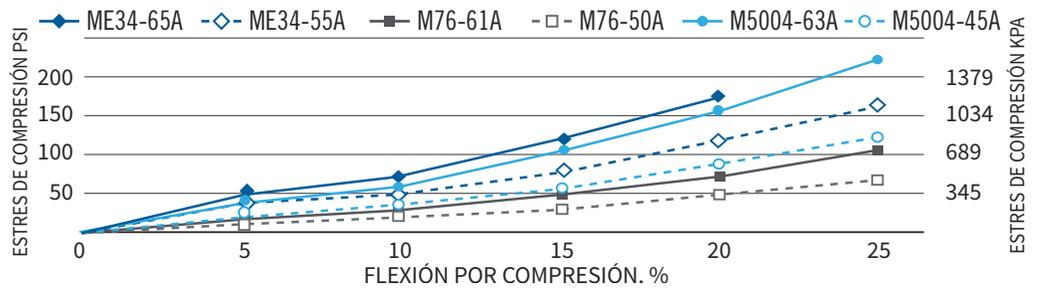


FLEXIÓN POR COMPRESIÓN

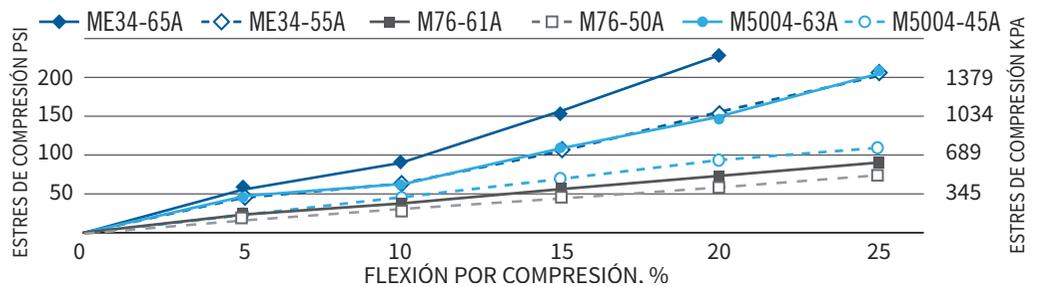
Tres distintos compuestos de poliuretano moldeable **Millathane® (76, E34 y 5004)** fueron sometidos a flexión por compresión de conformidad con el Método A de la ASTM D575. Los compuestos de poliuretano **Millathane® 76 y E34** fueron curados por azufre, y los compuestos de **Millathane® 5004** fueron curados por peróxido. Se probaron las durezas de cada compuesto. Las muestras tienen un factor de forma de 0.5 (cilindros de 1 pulgada (25.4 mm) de diámetro y 0.5 pulgadas (12.7 mm de altura). Se probó la flexión por compresión a 23 °C (temperatura ambiente), 50 °C y 70 °C.

Los datos muestran que los compuestos más suaves tienen menores curvas de flexión por compresión que otros compuestos más duros. Cuando se compararon con compuestos de durezas similares, el **Millathane® 76** muestra los valores de flexión por compresión más bajos, mientras que los compuestos de **Millathane® E34 y 5004** tenían flexiones por compresión similares. Los resultados de flexión por compresión a temperaturas más altas muestran la tendencia esperada de menor esfuerzo requerido para flexionar las muestras, como se muestra en los datos a 70 °C para todos los compuestos y para los datos del compuesto de dureza 63 Shore A de **Millathane® 5004** para todas las temperaturas.

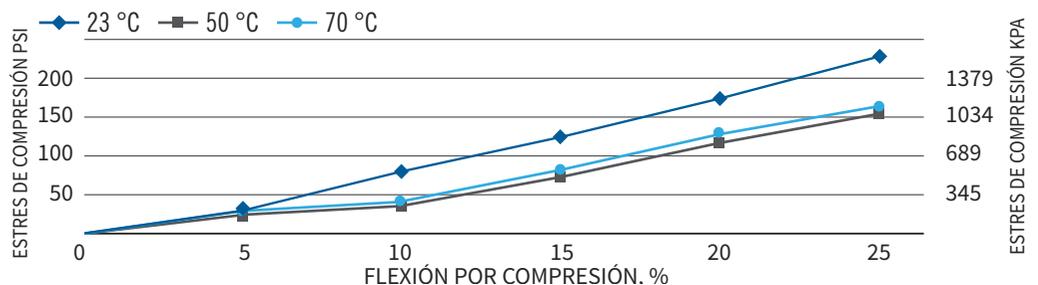
FLEXIÓN POR COMPRESIÓN EN UN CUARTO A 23 °C (Millathane E34, 76, 5004)



FLEXIÓN POR COMPRESIÓN EN UN CUARTO A 70 °C (Millathane E34, 76, 5004)



FLEXIÓN POR COMPRESIÓN EN UN CUARTO A 23 °C, 50 °C, y 70 °C (Millathane E34, 76, 5004)



RESISTENCIA QUÍMICA

Generalmente, los uretanos tienen muy buena resistencia a aceites y combustibles, pero resistencia pobre a hidrocarburos clorados y cetonas. Los uretanos no son conocidos por su resistencia a ácidos y bases, y son afectados por agua, especialmente a temperaturas elevadas. Los uretanos de poliéster están especialmente afectados por estos materiales ya que pueden sufrir hidrólisis cuando el polímero se degrada. Los estabilizadores pueden proteger a los uretanos poliéster de la hidrólisis a un grado limitado, no permanente. Abajo se muestra la resistencia de un compuesto de prueba de **Millathane® 76** (reforzado con negro de humo, curado con azufre) a varias sustancias, mostrando el porcentaje de volumen de hinchamiento después de la inmersión por una semana a temperatura ambiente o como se indique según sea el caso.

VOLUMEN DE HINCHAMIENTO DE MILLATHANE® 76 EN VARIAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

ÁCIDOS	%	HIDROCARBUROS	%
Ácido clorhídrico, 10%	4	Combustible B ASTM	16
Ácido nítrico, 10%	25	Aceite ASTM #1	1
Ácido fosfórico, 10%	5	Aceite ASTM #1, 70 h/100 °C	-2
Ácido sulfúrico	3	Aceite ASTM #3	1
		Aceite ASTM #3, 70 h/100 °C	-2
ALCOHOLES	%	BENCENO	100
Alcohol butílico (Butanol)	16	Gasolina	9
Alcohol etílico (Etanol)	19	Petróleo, crudo, 70h/100 °C	2
		Tolueno	59
BASES	%	CERA DE PETRÓLEO, 70 H/100 °C	-5
Hidróxido de sodio, 10%	2	Xileno	36
ÉSTERES	%	CETONAS	%
Acetato de Cellosolve	302	Acetona	126
Acetato de etilo	104	Metil Etil Cetona (MEK)	119
HIDROCARBUROS HALOGENADOS	%	OTROS MATERIALES	%
Tetracloruro de carbono	33	Fluido hidráulico (Skydrol)	59
Tetracloroetileno	21	Aceite de linaza	4
Tricloroetileno	121	Agua	5

CRISTALIZACIÓN

Los uretanos moldeables pueden sufrir cristalización cuando se almacenan por largos periodos de tiempo a temperatura ambiente, o por periodos de tiempo corto cuando se almacenan por debajo de temperatura ambiente. Los polímeros que se cristalizan se vuelven duros y lechosos en color comparados con el material usual que es más suave, transparente, o traslúcido.



Millathane® E34 Normal | Cristalizado

La calidad del hule poliuretano molineable **Millathane®** no se afecta adversamente por la cristalización. Es completamente reversible al calentar a 70 - 100 °C hasta que el polímero regresa a su color original.

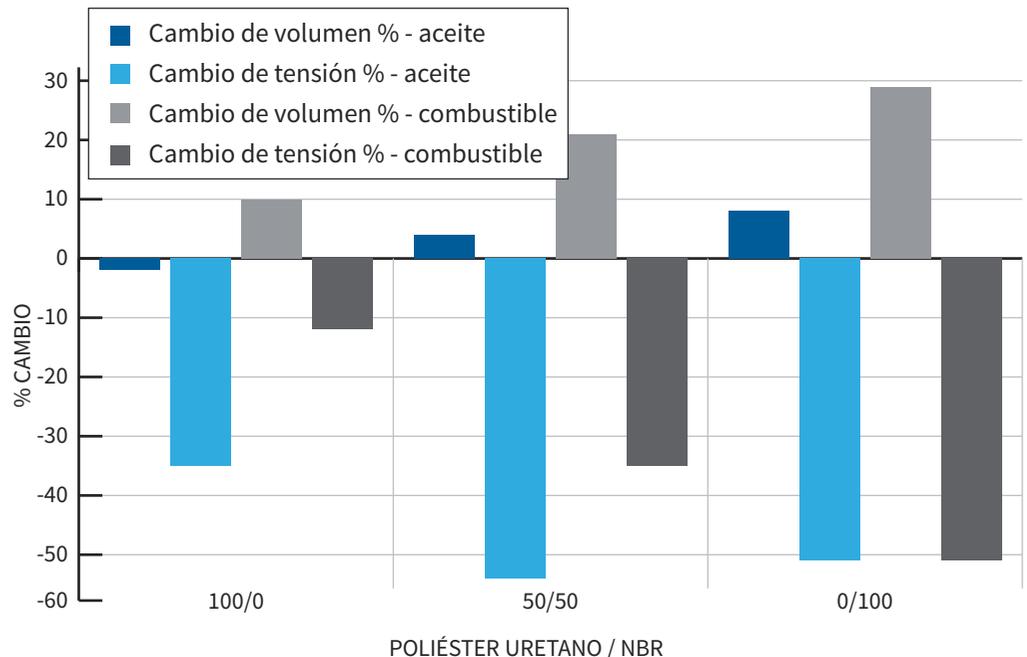
Es importante notar que al mezclar un hule cristalizado o parcialmente cristalizado se puede dañar el equipo o puede resultar en dispersión pobre en el polímero.

RESISTENCIA A ACEITES, COMBUSTIBLES Y SOLVENTES

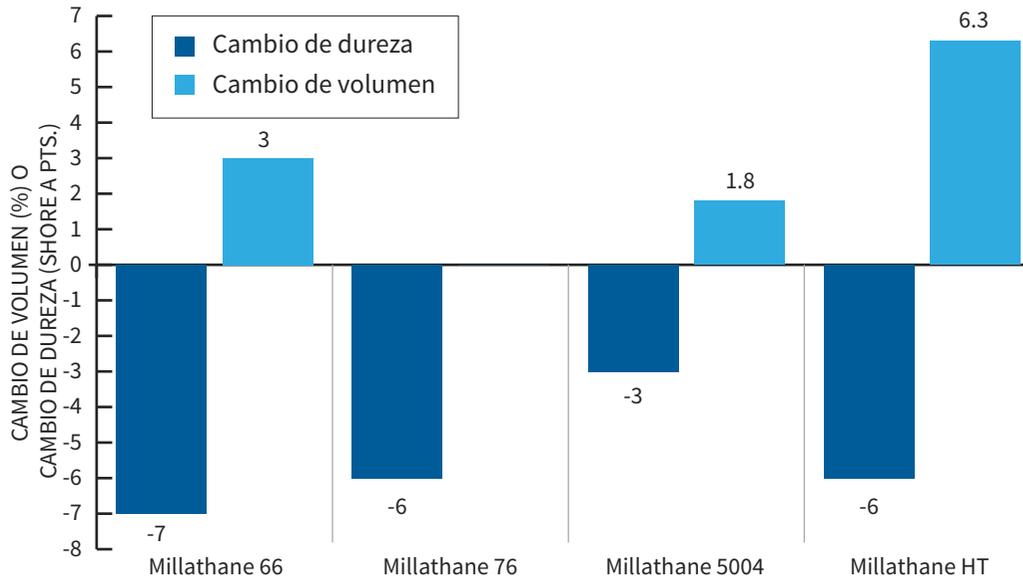
Los hules poliuretano molineables **Millathane®** generalmente tienen excelente resistencia al aceite, similar a aquellos nitrilos de contenido medio de acrilonitrilo como los hules NBR o el HNBR. La resistencia a disolventes y combustibles (como gasolina o gasohol) es también similar, e inclusive mejor en algunos casos a las del hule NBR con contenido medio de acrilonitrilo. La gráfica muestra que el uretano poliéster **Millathane®** tiene una mejor resistencia (menos cambio en volumen y resistencia a la tensión) al aceite y al Combustible B que un compuesto de NBR con contenido medio de acrilonitrilo. El IRM903 es un aceite de pruebas que es similar al aceite lubricante que tiene un punto de anilina de 70 °C. El combustible B es una mezcla 70:30 de isooctano y tolueno.

Los grados de poliéster tienen una resistencia significativamente mejor al aceite y a los solventes que los grados poliéter. Los grados poliéster deben escogerse para aplicaciones que requieran óptima resistencia a estos materiales, tales como rodillos de impresión y sellos. La gráfica de abajo compara cuatro grados de poliéster **Millathane®** por su resistencia al aceite IRM903. Todos los componentes mostraron cambios menores y cambios en el volumen después de una exposición a aceite a una alta temperatura. El **Millathane® 5004** y el **76** tienen los menores cambios en volumen, y el **Millathane® 5004** tiene el menor cambio en dureza.

INMERSIONES: IRM 903 ACEITE (70 HR / 100 °C) Y COMBUSTIBLE B (7 D / 23 °C), POLIÉSTER URETANO VS. ACN MEDIO NBR (Y MEZCLA 50 / 50)



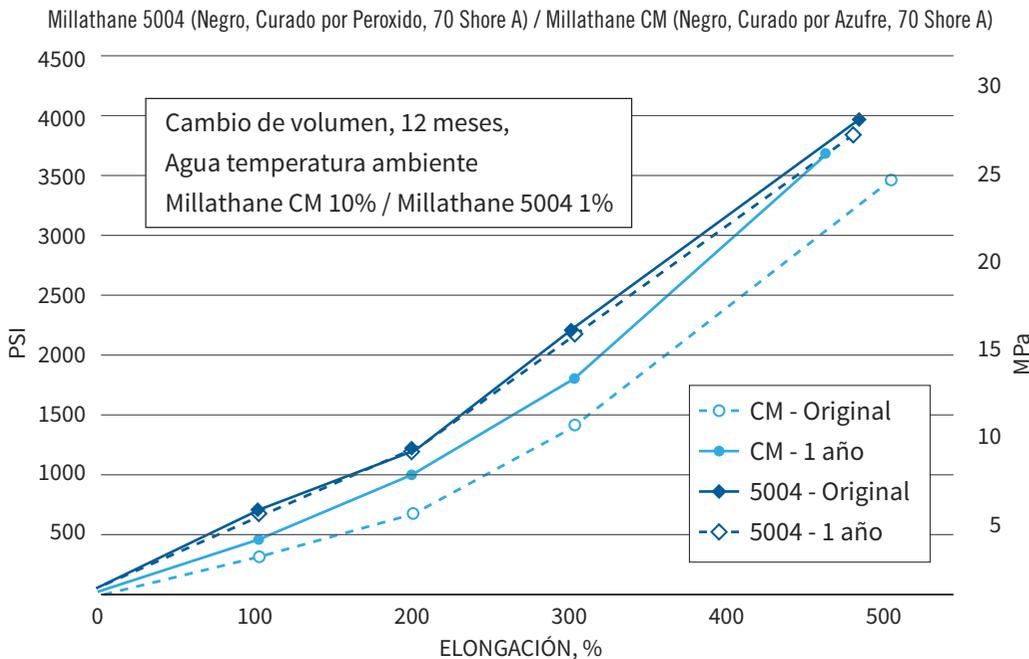
INMERSIONES: IRM 903 ACEITE PRUEBA DE INMERSIÓN (70 HR / 100 °C) NEGRO REFORZADO, GRADOS DE MILLATHANE POLIÉSTER CURADOS POR PEROXIDO



RESISTENCIA AL AGUA Y A LA HUMEDAD

Los uretanos de poliéter molineables tienen buena resistencia al agua y a la humedad. Se recomiendan para aplicaciones donde la resistencia a la hidrólisis a largo plazo es importante. Los uretanos de poliéster son mucho menos resistentes a la hidrólisis, pero pueden lograr excelente resistencia temporal a la hidrólisis con la adición de estabilizadores a la hidrólisis base carbodiimida y el nivel y la duración de la protección proporcional a la cantidad de estabilizador **Millstab™ P** en la formulación.

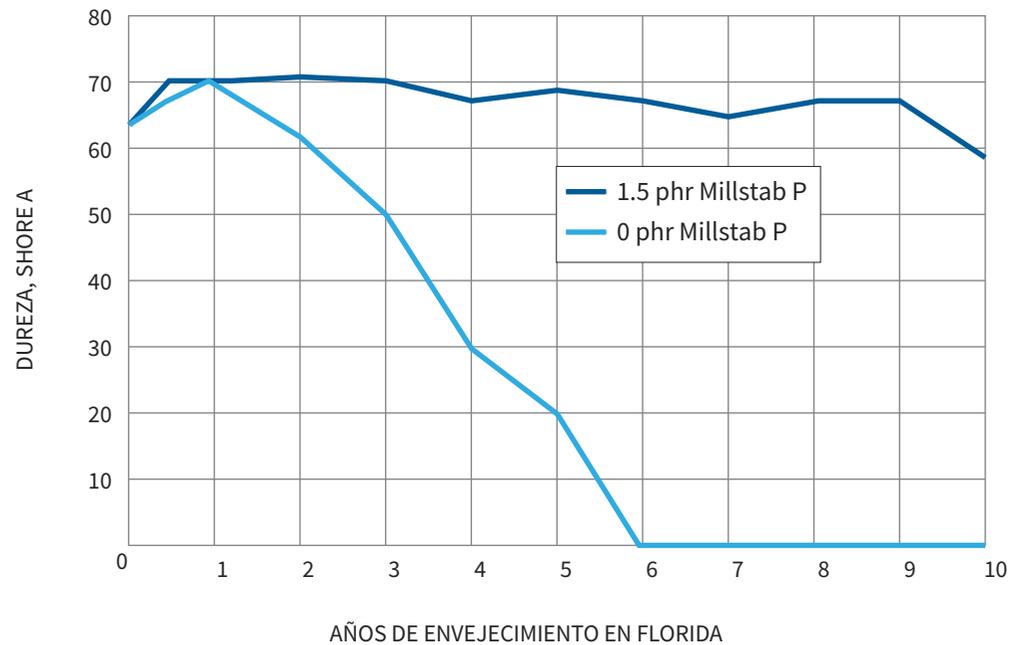
ENVEJECIMIENTO CON AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE DE 0 A 12 MESES



Un ejemplo de la excelente resistencia a la hidrólisis del uretano poliéster molineable **Millathane® CM** y del uretano poliéster molineable **Millathane® 5004** (con 5 partes de **Millstab P**) se muestra en la gráfica de abajo. Después de un año bajo inmersión continua en agua, ambos compuestos tuvieron cambios mínimos en las propiedades.

La gráfica de abajo muestra el beneficio impartido por 1.5 ppch de **Millstab® P** al envejecimiento de un compuesto de **Millathane® 5004** en Florida. El compuesto con **Millstab® P** no se ablandó para nada, mientras que el compuesto sin **Millstab® P** se ablandó considerablemente a 3 años y se destruyó después de 5 años.

MILLSTAB P EN MILLATHANE 5004, ENVEJECIMIENTO POR EL CALOR Y HUMEDAD DE FLORIDA



RESISTENCIA AL CALOR

El hule poliuretano molineable no es conocido por su alta resistencia al calor. Típicamente se utiliza a temperaturas de menos de 100 °C. Los grados de poliéster del **Millathane®** tienen resistencia significativamente mejor al calor que los grados poliéter, y los curados por peróxido tendrán mejor resistencia al calor que los curados por azufre. Para aplicaciones que necesitan exposiciones no continuas hasta 150 °C, los uretanos molineables curados por peróxido tipo poliéster como el **Millathane® 66** y el **5004** tienen muy buena utilidad debido a su excelente retención de propiedades.

La tabla de la derecha muestra la excelente resistencia al calor de un compuesto de **Millathane® 66** curado por peróxido y reforzado por carga negra. Las propiedades físicas probadas no mostraron ningún cambio en dureza y mostraron cambios menores en resistencia a la tensión y elongación para los envejecimientos conducidos de 70 °C a 150 °C. La *compression set* mostró excelentes resultados hasta 140 °C; el alto valor de la deformación a 150 °C lo hace poco útil para aplicaciones a esta temperatura.

CONDICIONES DE ENVEJECIMIENTO POR CALOR

	ORIGINAL	70 HR/70°C	70 HR/100°C	70 HR/125°C	70 HR/140°C	70 HR/150°C
Dureza, Shore A	88	88	88	88	88	88
Puntos de cambio	—	0	0	0	0	0
Resistencia a la tensión, psi (MPa)	3550 (24.5)	3920 (27.0)	4120 (28.4)	2370 (16.3)	2750 (19.0)	3190 (22.0)
% de cambio	—	10	16	-33	-23	-10
Elongación, %	155	165	170	90	100	150
% de cambio	—	6	10	-42	-35	-3

CONDICIONES DE COMPRESSION SET

	22 HR/70°C	22 HR/100°C	22 HR/125°C	22 HR/140°C	22 HR/150°C
Compression Set, %	4	5	22	35	74

El **Millathane® 66** premezclado contiene 1.5 ppch del estabilizador a la hidrólisis **Millstab™ P**, el cual es una carbodiimida polimérica. Este es benéfico primariamente a la resistencia a la hidrólisis pero también beneficia el envejecimiento por calor y la resistencia a la *compression set*.

RESISTENCIA AL OZONO Y AL MEDIO AMBIENTE

Los uretanos molineables **Millathane®** tienen excelente resistencia al ozono debido al esqueleto molecular saturado del polímero de uretano. Los compuestos negros tendrán excelente resistencia a los efectos de la luz UV. Los compuestos claros o transparentes como el **Millathane® 97** también pueden tener excelente resistencia UV y al amarillamiento con la adición de antidegradantes tales como antioxidantes, absorbedores ultravioleta (UVA) y estabilizadores a la luz estéricamente impedidos de amina (HALS: Hindered Amine Light stabilizers). La tabla de abajo muestra el efecto mínimo en propiedades de la exposición de un año en Florida de tres compuestos **Millathane®**.

	MILLATHANE® CM	MILLATHANE® 5004*	MILLATHANE® M97
Carga reforzante	Negro de humo	Negro de humo	Sílica pirogénica
Color del compuesto	Negro	Negro	Claro/Transparente

PROPIEDADES ORIGINALES

		MILLATHANE® CM	MILLATHANE® 5004*	MILLATHANE® M97
Dureza, Shore A		70	70	72
TSE-100** psi	MPa	405	460	317
		2.8	3.2	2.2
Resistencia a la tensión, psi	MPa	3820	4100	3905
		26.3	28.3	26.9
Elongación, %		480	495	560
Rasgado, Dado de corte tipo C, lb/in	kN/m	269	284	219
		47.1	49.7	38.4

PROPIEDADES DESPUÉS DE 1 AÑO DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE EN FLORIDA
(MUESTRAS QUE NO SE SOMETIERON A ESFUERZO PREVIO A PRUEBAS)

Dureza, Shore A		75		68		66	
TSE-100** psi	MPa	695	4.8	530	3.7	310	2.1
Resistencia a la tensión, psi	MPa	365	25.2	3200	22.1	2600	17.9
Elongación, %		335		490		475	
Rasgado, Dado de corte tipo C, lb/in	kN/m	211	36.9	30	52.9	190	33.3

APARIENCIA SUPERFICIAL NO HAY SIGNOS DE CRAQUEO O CUARTEADO

* Contiene 5 partes de **Millstab™ P**, un estabilizador carbodiimida a la hidrólisis.

** TSE-100=Resistencia a la tensión al 100% de elongación.

RETARDANTES A LA FLAMA

Los uretanos molineables **Millathane®** no son resistentes inherentemente al quemado, pero pueden ser mezclados con aditivos retardantes a la flama para mejorar la resistencia al fuego, de forma similar a otros hules. Los compuestos que contienen óxido de antimonio con materiales halogenados han sido probados y cumplen con los requisitos UL94 V-0. Los compuestos retardantes a la flama libres de halógeno pueden ser preparados utilizando altos niveles de alúmina trihidratada y/o hidróxido de magnesio en el compuesto.

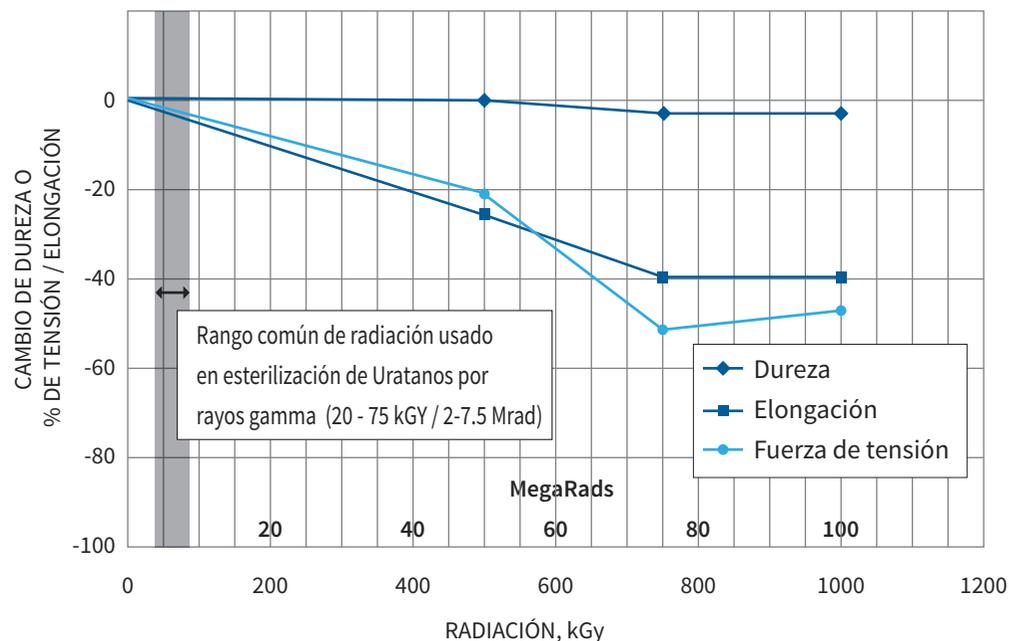
RESISTENCIA A LA RADIACIÓN PARA ESTERILIZACIÓN

Los compuestos poliuretano molineable **Millathane®** generalmente proporcionan buena resistencia a la radiación de rayos gamma comparados con otros elastómeros. En el rango típico de radiación utilizada para la esterilización por medio de rayos gamma para productos médicos (hasta 75 kGy), un compuesto de **Millathane® CM** curado por azufre muestra cambios despreciables en propiedades como se muestra en la gráfica de abajo. Aún a dosis relativamente grandes de 1000 kGy (100 Megarads), el compuesto de **Millathane® CM** aún retiene sus buenas propiedades y proporcionaría servicio satisfactorio. Los compuestos curados por peróxido son un poco menos resistentes a la radiación que los curados por azufre.

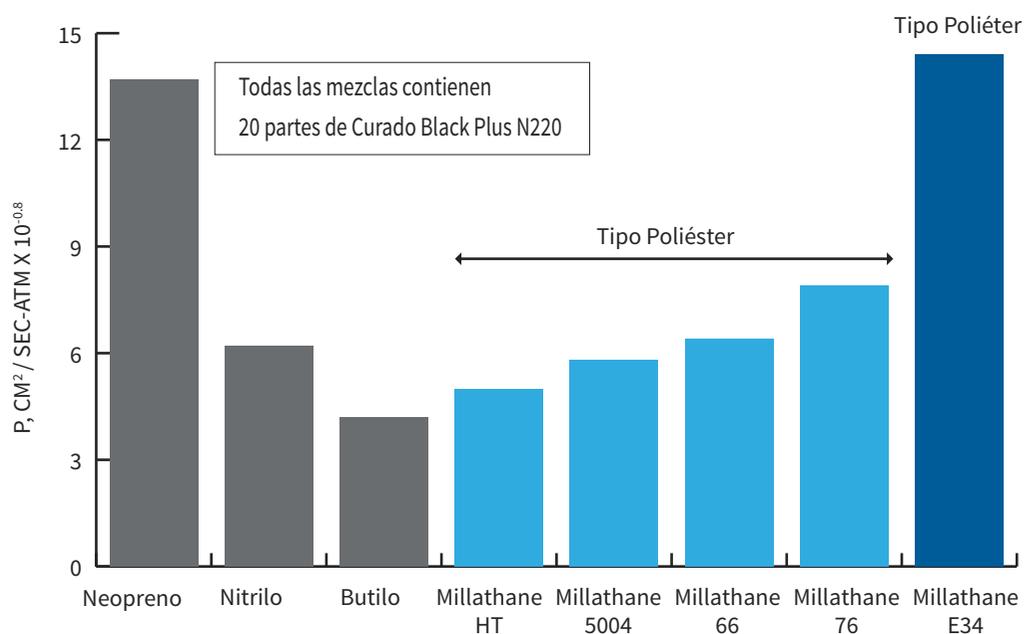
PERMEABILIDAD DE LOS GASES

Los uretanos molineables de **Millathane®** tienen muy buena resistencia a la permeabilidad de los gases, con los grados de poliéster aproximándose en propiedades a las de los hules butilo. A continuación, se muestra una comparación de la permeabilidad de nitrógeno de varios grados de **Millathane®** vs. hules neopreno (CR), nitrilo (NBR) y butilo (IIR). Los uretanos molineables de poliéster tienen muy baja permeabilidad a los gases, comparables a, o inclusive mejor, que el hule nitrilo y muy cercano al hule butilo. El **Millathane® E34**, que es un poliuretano tipo poliéter, tiene permeabilidad más pobre al nitrógeno, similar a la del hule neopreno.

EFFECTO DE LA RADIACIÓN GAMA EN MILLATHANE CM (CURADO POR AZUFRE)



PERMEABILIDAD DE NITROGENO, MILLATHANE VS. HULES NEOPRENO (80C, 345 KPA)



ENCOGIMIENTO DE MOLDE

El encogimiento del molde para los compuestos de uretano molineables **Millathane®** es generalmente de entre 2.2 y 2.5%. Los compuestos sin carga y aquellos que tengan poca carga pueden tener un encogimiento de molde ligeramente más alto. Aquellos con cargas relativamente altas pueden tener encogimiento de molde ligeramente más bajo. Los curados por peróxido generalmente tienen menores encogimientos de molde que los curados por azufre.

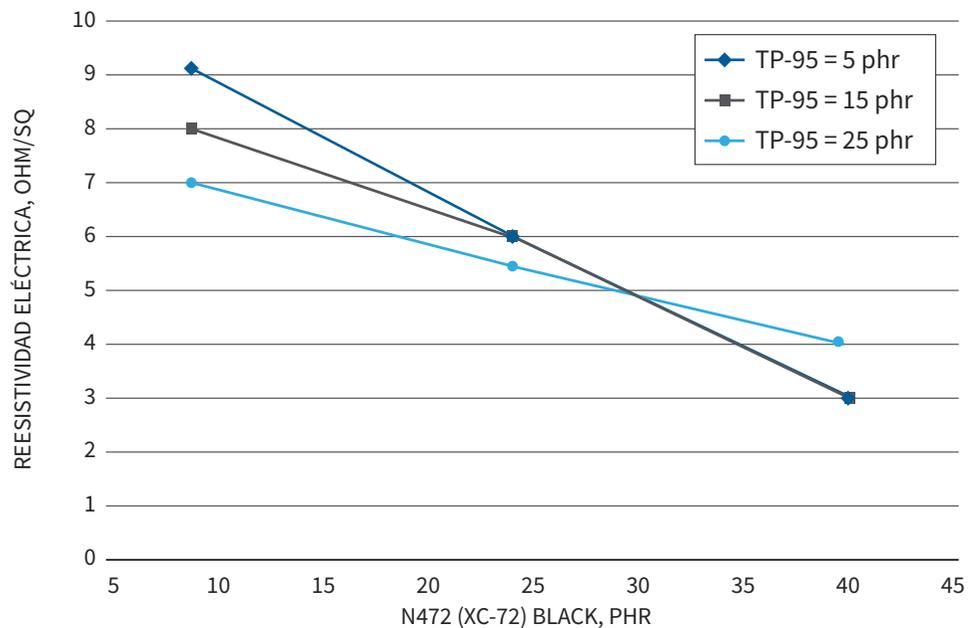
PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Los uretanos molineables no se utilizan típicamente para propiedades eléctricas debido a las propiedades eléctricas relativamente pobres de los polímeros polares de uretano. Abajo se muestra una comparación de los tipos de aislamiento basados en **Millathane® CM**, hule natural y neopreno.

	RESISTIVIDAD, OHM-CM	CAPACIDAD INDUCTIVE ESPECÍFICA A 1000 CPS	FACTOR DE POTENCIA A 100 CPS
Hule natural	1015	2.5	0.005
Neopreno	1012	6.7	0.025
Millathane® CM	1010	10.2	0.080

Los compuestos **Millathane®** pueden formularse para ser antiestáticos o semi-conductivos por la adición de cargas de carbono conductivas. Los compuestos antiestáticos son importantes para rodillos y bandas disipadores de estática, típicamente para uso en máquinas industriales donde se manejan productos de papel. Los compuestos de **Millathane® 76** curados por azufre, los cuales varían de 10 a 40 partes de negro y, con una cantidad de plastificante de 5 a 25 partes, tienen valores de resistividad eléctrica que van desde 108 hasta 103, como se ve abajo.

CURVA DE FILTRADO DE COMPUESTOS ANTIESTÁTICOS MILLATHANE 76





COLORABILIDAD

Como con los otros tipos de hule, los compuestos curados con peróxido proporcionarán colores más brillantes y una mejor retención de color que los curados con azufre. Esto es debido a la decoloración (amarillamiento) que está asociado a los curados con azufre, especialmente a altas temperaturas de curado. Para mejores compuestos coloridos, se recomienda utilizar el **Millathane® 97** que es tipo poliéter curado por peróxido, con pequeñas cantidades de antioxidante y estabilizadores UV. Este grado fue desarrollado para aplicaciones transparentes tales como suelas de zapatos deportivos. Con el mezclado adecuado, puede producir partes claras o más brillantes.

RECICLABILIDAD

Los compuestos curados de uretanos molineables **Millathane®** pueden molerse para obtener un polvo fino a través de técnicas criogénicas y añadirse nuevamente al mismo compuesto a bajos niveles con efectos mínimos en las propiedades.



CIUDAD DE MÉXICO

Pastores 30

Santa Isabel Industrial

Alcaldía Iztapalapa, 09820

Ciudad de México

▶ 55 56 85 28 88

▶ 55 56 46 46 90

▶ 55 35 48 90 00

SUCURSAL GUADALAJARA

Calle Ixtépete 4814

Col. El Briseño (entre Tlalpan y Av. de las Torres)

Zapopan, Jalisco, 45236

▶ 33 16 55 72 09

▶ 33 16 55 72 98

SUCURSAL MONTERREY

Industrias del Bronce 218

Parque Industrial Escobedo

Escobedo, Nuevo León, 66062

▶ 81 83 01 20 06

▶ 81 83 01 31 52

Para mayor información consulte

www.suministro.com.mx