

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

NANOCOMPUESTOS DE LÁTEX NATURAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA

PRESENTA

Lilian Iraís Olvera Garza

MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado

Presidente:	Prof. Marco Antonio Uresti Maldonado
Vocal:	Profa. Mirna Rosa Estrada Yáñez
Secretario:	Prof. Carlos Guzmán de las Casas
1er. Suplente:	Prof. Francisco López Serrano Ramos
2do. Suplente:	Profa. María Lourdes Chávez García

Sitio en donde se desarrolló el tema:
Instituto de Investigaciones en Materiales.
UNAM.

Dra. Mirna Rosa Estrada Yáñez.
Asesora.

Lilian Iraís Olvera Garza.
Sustentante.

**Agradecimiento especial al apoyo económico brindado
para la realización de este trabajo al proyecto PAPIIT IN 111 407- 3
y al Instituto de Investigaciones en Materiales**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres;

Por brindarme su cariño, amor, paciencia y apoyo incondicional, por compartir éxitos y fracasos y ayudarme a alcanzar una meta muy importante, mi carrera profesional. Sin más palabras los amo.

A mis abuelos;

Gloria, Tila, Chava y Eduardo por ser mis segundos padres, gracias por su preocupación e interés mostrado en esta etapa de mi vida.

A mi hermano;

Porque te quiero...

A usted Dra. Mirna R. Estrada Yáñez;

Por dedicarme su tiempo y paciencia, transmitirme sus consejos, brindarme sus enseñanzas y hacer de mí un mejor ser humano.

A ustedes:

Leonarda, Enrique, Osmar, Rudy, Daniel, Jesús, Martín y William por ser los mejores compañeros y amigos; gracias por su tiempo, consejos y ayuda.

A mis amigos:

Adrián, Alejandro, Anita, Arturo (Piti), Carlitos, Estela, Francisco (Brisio), Gerardo (Balú), Gil, Jacobo, Jair (Bob), José, Luis (Coqueto), Lucy, Mike, Montsse, Nalle, Omar, Omar, Rudy, Tere y Velia; por hacer más placentera y divertida mi estancia en la Facultad de Química. Recuerden que tienen un lugar muy especial en mi corazón.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	7
2.- ANTECEDENTES.....	10
2.1 Polímeros.....	10
2.1.1 Tipos de polímeros.....	12
2.1.2 Clasificación de acuerdo a su comportamiento térmico.....	15
2.1.3 Resistencia Química.....	17
2.2 Materiales Nanocompuestos (NC).....	21
2.3 Látex Natural <i>cis</i> -1,4 -poliisopreno.....	25
2.4 Arcillas.....	29
2.5 Incremento de propiedad de barrera por acción de la Montmorilonita.....	31
2.6 Técnicas de Caracterización.....	33
2.6.1 Estructura.....	33
2.6.2 Análisis Mecánico.....	34
2.6.3 Análisis Termogravimétrico.....	35
2.6.4 Densidad de entrecruzamiento.....	36
2.6.5 Porcentaje en gel.....	37
3.- PARTE EXPERIMENTAL.....	38
3.1 Material y Equipo.....	38
3.1.1 Reactivos.....	38
3.1.2 Equipo.....	39
3.2 Desarrollo Experimental.....	39
3.2.1 Caracterización de la materia prima.....	39
3.2.2 Obtención de NC de látex.....	40
3.2.3 Preparación de materiales con carga mineral.....	41
3.2.4 Determinación de la resistencia química.....	42

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Análisis por Espectroscopia Infrarroja.....	43
4.2 Análisis Termogravimétrico.....	46
4.3 Determinación de la densidad de entrecruzamiento y porcentaje en gel.....	48
4.4 Análisis de Difracción de Rayos X	49
4.4.1 Difracción de Rayos X en la materia prima.....	49
4.4.2 Difracción de Rayos X de NC.....	52
4.5 Prueba de Resistencia Química.....	55
4.6 Propiedades Mecánicas.....	67
4.7 Comparación entre NC y materiales con carga Mineral.....	73
5.- CONCLUSIONES.....	76
6.- REFERENCIAS.....	80
ANEXOS.....	82

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años las sustancias químicas ocupan un lugar muy importante en la vida del ser humano, ya que son una de las herramientas para la mejora continua de su entorno. Su uso y aplicación se han expandido tal que parece imposible imaginar como sería la vida sin su presencia. Sus características fisicoquímicas intrínsecas, que se aprovechan para generar materiales, observadas a la ligera sin las debidas precauciones también pueden afectar nuestra salud y el medio ambiente. Por ello es necesario utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado para preservar la integridad de los seres humanos y del lugar de trabajo.

Por otra parte, se requiere una selección cuidadosa de cada componente del EPP, en especial al trabajar con sustancias químicas y cuidar todas las vías de acceso como los ojos, vías respiratorias y piel. Con respecto al EPP de manos, guantes, el uso inapropiado del tipo de guantes, da una idea falsa de seguridad. **¡Es peor usar guantes inapropiados que no usar nada!** El caso más conocido es el de la Dra. Karen Wetterhahn¹, ella usó guantes de látex para manipular dimetilmercurio. Cuando se derramaron algunas gotas sobre su guante, ella no corrió a quitárselos, pues se creyó “a salvo”. Con toda tranquilidad concluyó su experimento y luego recogió la sustancia que se había derramado. Dramáticamente esa era una sustancia que degradaba el látex y lo traspasaba en menos de 15 segundos. La sustancia pasó a su mano y se absorbió por la piel. Falleció diez meses después víctima de envenenamiento con mercurio siendo esa la única vez que lo había usado. **Usar guantes es una importante medida de prevención contra quemaduras y envenenamientos con sustancias químicas. Escoger el guante correcto es igualmente importante.** Este trabajo es una pequeña contribución para la divulgación de este problema y para su solución con un estudio sobre los materiales que los conforman, tomando en cuenta su resistencia química realizando pruebas de degradación.

En las últimas décadas se han desarrollado *materiales nanocompuestos* (NC) de matriz polimérica que consisten en adicionar bajas concentraciones de materiales nanométricos a la matriz y, con una buena dispersión, se han logrado obtener

propiedades muy superiores al polímero virgen como son: propiedades mecánicas², impermeabilidad a gases³, mayor resistencia⁴, retardancia al fuego⁵ etc.

Un ejemplo es el nanocompuesto nylon-6 que presenta incrementos drásticos en módulo y resistencia a la tensión mediante la adición de montmorillonita modificada con ω -amino ácidos formando un nanocompuesto exfoliado (módulo a 25°C nylon puro de 1.9 GPa; nylon con carga mineral del 40% de 3.9GPa y nylon con sólo 4% de arcilla de 3.7 GPa); y lo mas importante, es que estos incrementos no van acompañados por un decremento de la resistencia al impacto.

La mejora en las características de los NC termoplásticos ha conducido a considerar la creación de este tipo de materiales con la matriz elastomérica.

Existen apenas algunas investigaciones de NC en matriz elastomérica⁶, esta matriz se utiliza normalmente en la producción de equipo de protección personal de manos.

Los NC de hule natural han sido preparados por procedimientos utilizados en termoplásticos, basados en una mezcla sólida de hule con organoarcillas, por ejemplo: el montmorillonato de octadecilamonio. La organoarcilla se comporta como un agente que refuerza la vulcanización⁷.

Considerando que el látex es una dispersión acuosa del polímero y que el agua es un excelente agente exfoliante de arcillas, se decidió aprovechar en este trabajo la dispersión de la montmorillonita en agua para la preparación NC con arcilla de sodio.⁸

En el presente trabajo se informa el estudio de látex con arcilla a diferentes concentraciones (p.c.r, partes por cien de resina). Se realizaron pruebas de resistencia a la solvatación tomando como base las normas ASTM D-543⁹ y ASTM D471¹⁰; utilizadas para la selección de disolventes y determinación de degradación en los plásticos utilizados en materiales de protección personal (guantes). A estos dos efectos se les refiere como resistencia química. Adicionalmente se realizaron estas mismas pruebas a productos comerciales con el fin de obtener: (a) parámetros

de comparación al realizar la prueba con los NC obtenidos y (b) generar una escala de resistencia a los disolventes.

1.1 Objetivo

Obtener un *material nanocompuesto* (NC) de matriz polimérica, látex natural, que presente mejores propiedades de barrera a disolventes (mayor resistencia química) que las observadas en el polímero virgen.

1.2 Hipótesis

El NC preparado con montmorilonita de sodio presentará mejores propiedades de barrera a disolventes que las obtenidas en el polímero virgen, observándose menor porcentaje de cambio en sus propiedades físicas (peso, dimensiones y masa soluble extraíble).

1.3 Metas

- Obtención de películas de NC con montmorilonita y de espesor homogéneo.
 - Generar una escala de resistencia a los disolventes.
-

2. ANTECEDENTES

2.1 Polímeros

Un polímero es un material molecular cuyas moléculas están constituidas por la repetición de pequeñas unidades simples. En algunos casos la repetición de la cadena es lineal, en otros casos las cadenas son ramificadas o interconectadas formando retículos tridimensionales.

La longitud de la cadena del polímero viene especificada por el número de unidades que se repiten. Este se llama grado de polimerización y se simboliza n . El peso molecular (M) del polímero es el producto del peso molecular de la unidad repetitiva por el grado de polimerización. Según la técnica usada el peso molecular M adquiere un subíndice distinto. La mayoría de los polímeros útiles para plásticos, cauchos o fibras, tiene pesos moleculares entre los 10000 y 1000000.

Las características básicas de los polímeros son el peso molecular M , la distribución de pesos moleculares y la temperatura de transición vítrea T_g

Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases. Las fuerzas que se encuentran en la naturaleza se clasifican habitualmente en fuerzas primarias (interacciones mayores a 50 kcal/mol); y fuerzas secundarias (interacciones inferiores a 10 kcal/mol), entre las fuerzas primarias se encuentran las uniones iónicas covalentes y metálicas.

El alto peso molecular de los polímeros permite que la fuerzas secundarias crezcan lo suficiente para impartir a la sustancia excelente resistencia a la tensión, estabilidad dimensional y buenas propiedades mecánicas.¹

Tipos de polimerización

En general se pueden definir dos tipos de reacción de polimerización: condensación y adición. Un polímero de adición tiene los mismos átomos en el monómero y en la unidad de repetición. Los átomos del esqueleto del polímero son normalmente átomos de carbono.

Los polímeros de condensación contienen menos átomos en la unidad de repetición del polímero que en los reactivos, ello es debido a la formación de productos secundarios durante el proceso de polimerización, y el esqueleto de polímero contiene normalmente átomos de más de una clase de elementos.

La mayoría de los plásticos (los elastómeros y algunas fibras), se fabrican por polimerización de radicales libres, siendo éste el método de mayor importancia desde el punto de vista comercial. Para que se lleve a cabo la reacción, se utilizan iniciadores químicos, fotoquímicos o térmicos para la formación del primer radical libre. La formación de radicales libres depende de fuerzas de alta energía o de la existencia de enlaces covalentes. La iniciación de una cadena de radicales libres se produce por adición de un radical libre a una molécula de vinilo².

Cuando el monómero es polimerizado la densidad aumenta. Este cambio de densidad causa una contracción volumétrica o encogimiento. El encogimiento de monómeros de bajo peso molecular es mayor comparado con el de los monómeros de alto peso molecular³.

2.1.1 Tipos de Polímeros

Dentro de las clasificaciones de los materiales el estudio de su comportamiento al someterlos a un esfuerzo puede analizarse graficando la magnitud del esfuerzo contra la deformación que se produce.

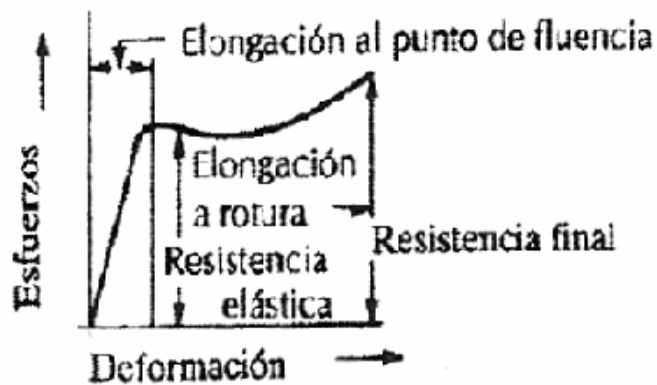


Figura 1. Curva esfuerzo-deformación.

En la curva esfuerzo - deformación existe un primer intervalo llamado elástico antes del punto de inflexión llamado punto de fluencia donde las deformaciones ocurridas son reversibles y coincide con la parte lineal inicial de la curva. Pasando el punto de fluencia se encuentra la zona donde las deformaciones son irreversibles hasta que se llega al “punto de rotura”. En general el comportamiento de todas las clases es “hookeano” antes del punto de fluencia. La deformación recuperable reversible antes del punto de fluencia, en el intervalo llamado elástico, es fundamentalmente el resultado de la flexión, compresión o alargamiento de los enlaces covalentes de la cadena principal del polímero. Al cociente resultante del esfuerzo contra la deformación en esta sección se le conoce como Módulo de Young o módulo de elasticidad. Esta parte de la curva puede también comprender el desenrollamiento recuperable de algunos polímeros. Después del punto de fluencia, el mecanismo predominante es el deslizamiento y desplazamiento irreversible de las cadenas de polímero entre sí hasta que llega el límite donde el material se rompe. Figura 1.

De acuerdo a su comportamiento esfuerzo deformación Carswell y Nason clasificaron los materiales en 5 categorías.

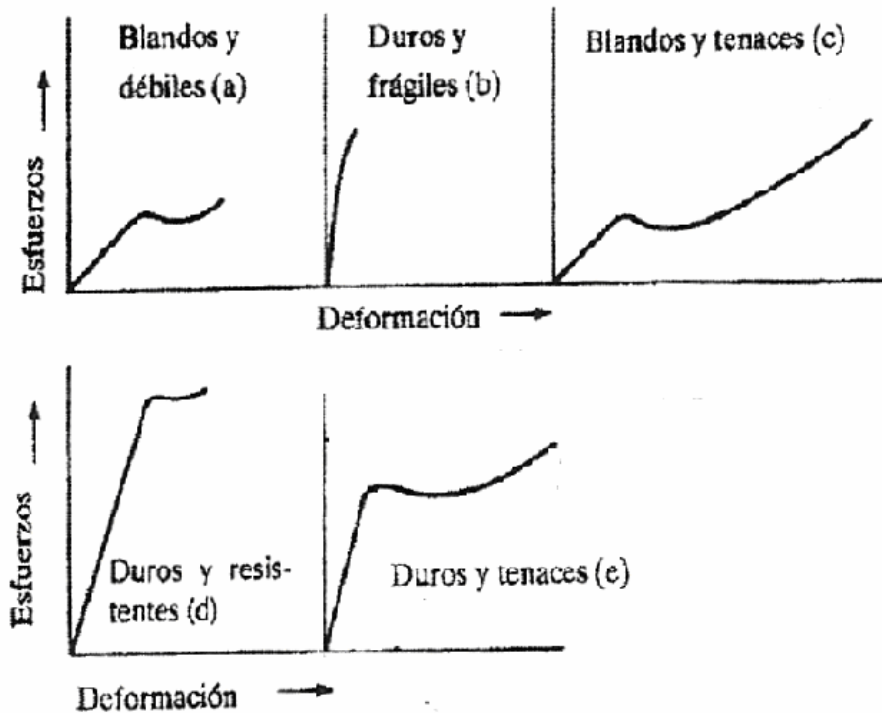


Figura 2. Curvas esfuerzo deformación para varios tipos de materiales.

Analizando cada una se puede decir lo siguiente:

La clase (a) incluye polímeros blandos y débiles, que se caracterizan por un bajo módulo de elasticidad, un bajo punto de fluencia y un moderado alargamiento en función del tiempo. Los polímeros de la clase (b) duros y frágiles e caracterizan por un módulo de elasticidad alto, un punto de fluencia poco definido y una deformación pequeña antes de la rotura. Los polímeros de clase (c) tienen un bajo módulo de elasticidad, gran alargamiento y un punto de fluencia bien definido. Los polímeros duros y resistentes de la clase (d) tienen un alto módulo de elasticidad y una alta resistencia a la fluencia. Los duros y tenaces de la clase (e) experimentan un alargamiento moderado antes del punto de fluencia seguido de una deformación irreversible. Figura 2

Este tipo de curvas permite realizar ensayos de caracterización de polímeros. Entre ellos existen ensayos físicos como:

- Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción puede determinarse aplicando una fuerza al material de ensayo hasta que se rompa. La resistencia a la tracción, que es la medida de la capacidad de un polímero a resistir los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta como se muestra en la Figura 3

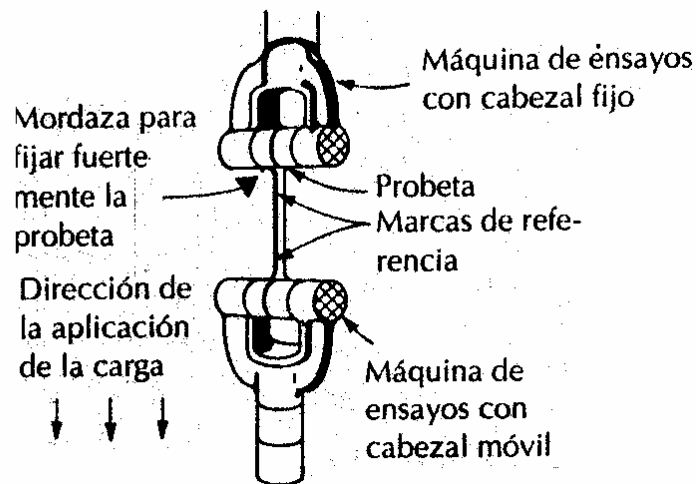


Figura 3. Ensayo de tracción típico

Para medidas típicas de resistencia a la tracción, los dos extremos de la probeta se sujetan en las mordazas del aparato, una de las mordazas esta fija, mientras que la otra se desplaza en incrementos determinados. El esfuerzo y la fuerza aplicada se representan en función de la deformación y el alargamiento.

En un comportamiento elástico similar al del caucho, el material tiene un alargamiento máximo elevado.

Además de las medidas de resistencia, también se pueden practicar ensayos de cizalladura, flexión, compresión o torsión. Para materiales que están en forma de película se utilizan con frecuencia ensayos de flexión.⁹

2.1.2 Clasificación de acuerdo a su comportamiento térmico

En muchas de las reacciones de polimerización, las unidades estructurales se colocan en forma de cadena totalmente lineal, no presentan entrecruzamiento entre sus moléculas. Tal es el caso de polímeros como el polietileno, polipropileno o el poliestireno. Los polímeros de estas características topológicas son materiales **termoplásticos**. Debido a lo anterior, al calentar el polímero tiende a ablandarse y a fluir como un líquido viscoso. De esta manera la mayoría de los materiales termoplásticos pueden moldearse muchas veces, aunque los esfuerzos mecánicos y térmicos del procesamiento producen ruptura de las moléculas conllevando a la degradación lo cual limita el número de ciclos de moldeo. Un ejemplo de este tipo de polímeros es el PVC.

Existe una temperatura definida a la que las cadenas adquieren suficiente energía para comenzar a moverse con respecto a otras. Esta temperatura es la temperatura de transición vítrea conocida con las siglas **T_g** por su nombre en inglés: *glassy temperature*. Los polímeros termoplásticos son rígidos por debajo de la T_g y deformables por encima de esta temperatura. Es importante tener presente que si la aplicación del polímero exige que posea rigidez a temperatura ambiente (por ejemplo si va a utilizarse para construir tuberías o envases), debe cumplirse que $T_g > T_{\text{ambiente}}$.

Cuando las ramas laterales unen diferentes cadenas principales de polímero en varios lugares de las cadenas, se genera una estructura densa de cadenas reticuladas. Cuando el entrecruzamiento alcanza esta gran extensión de cadenas reticuladas, se tienen los polímeros **termofijos**. La estructura producida es rígida. En este tipo de polímeros carece de sentido hablar de una T_g. Las cadenas sólo podrán adquirir movimiento cuando los enlaces químicos se rompan, lo cual quiere decir que habrá que destruir el polímero para hacer que éste fluya⁴.

En los **elastómeros**, también conocidos como hules, las cadenas que forman el polímero están unidas a otras por enlaces químicos y no sólo por interacciones intermoleculares como en el caso de los termoplásticos. Un elastómero debe poseer

una temperatura de transición vítrea inferior a la ambiente (contrariamente a los termoplásticos) para poder ser aplicado.

Esta estructura peculiar es la que proporciona elasticidad al material. Las cadenas pueden ser deformadas ante un esfuerzo externo pero tenderán a volver a su estado inicial. La fuerza recuperadora que conduce al comportamiento elástico es el resultado directo de una disminución de la entropía que acompaña a la distorsión de una macromolécula en cadena de su conformación más probable. La movilidad total de las cadenas en los elastómeros es pequeña; el movimiento de las cadenas unas sobre otras está restringido, y es la razón por la que el material puede recuperar su forma original al cesar la tensión.

Los enlaces transversales de estos materiales deben, no obstante, ser relativamente pocos y muy separados, de modo que el alargamiento hasta grandes extensiones pueda tener lugar sin ruptura de los enlaces primarios.

La necesidad de que existan lugares en los que se produzcan enlaces transversales conduce con frecuencia a escoger un dieno como monómero en la obtención de un elastómero.

En contraste con sus propiedades en un estado no estirado, un elastómero estirado tiene elevada resistencia a la tracción y módulo habitualmente asociados con los plásticos cristalinos. Así, algunos cauchos pueden desarrollar cristalinidad al ser estirados, tales como el caucho natural.

Algunos ejemplos de elastómeros son: poliisopreno, policloropreno, caucho nitrílico, caucho butílico, etc.

2.1.3 Resistencia química⁵

La susceptibilidad de los polímeros a los reactivos y disolventes químicos depende tanto de su composición química, como de su estructura.

El efecto de los disolventes sobre los polímeros puede expresarse en diversas formas: solubilidad, hinchamiento, que incluye la absorción de agua, cuarteamiento

por tensión ambiental (en el que la muestra falla cuando se expone a tensiones mecánicas en presencia de un líquido orgánico) y el fisuramiento (en el que la muestra falla por el desarrollo de una multitud de grietas muy pequeñas en presencia de un líquido orgánico o de su vapor) con o sin presencia de tensión mecánica.⁹

El ensayo de resistencia química mide el por ciento de variación de peso de muestras antes y después sujetas a ensayo de inmersión en diversos sistemas líquidos. También se incluyen las descripciones físicas como cambio de color, y aspecto. Los ensayos de resistencia química descritos en la norma ASTM D 471 “Efecto de sistemas líquidos en la propiedades de hules” incluyen cambios de propiedades mecánicas del polímero antes y después de la inmersión.

La norma antes mencionada describe los procedimientos para medir la resistencia química de un hule o elastómero. Esta norma junto con la ASTM F-739 “Resistencia a la permeabilidad de líquidos o gases bajo contacto continuo de materiales utilizados en protección personal” son utilizadas para medición de degradación y permeabilidad de materiales utilizados en la protección de manos (guantes), respectivamente. Aquí se define la Resistencia química o Degradación química (D) como la reducción en las propiedades físicas del material. Algunos defectos comunes incluyen ampollado, rugosidad, endurecimiento y cambio de color. La alteración de estas propiedades es un indicador del grado de protección que el material ofrece al manejar las sustancias químicas.

Los grados usados para indicar si no varían sus propiedades después de la exposición química son, en general, las siguientes.

E = Excelente

B = Bueno

R = Regular

I = Inferior

M = Malo

NC = No examinado⁶

La permeabilidad de un polímero es el producto de la solubilidad del gas o líquido en el polímero y de su coeficiente de difusión. La permeabilidad se mide directamente como la rapidez de transferencia de vapor o gas a través de un espesor unidad del polímero en forma de película, por unidad de área y diferencia de presión a través de la película.⁷

Existen diversas tablas de resistencia química en la literatura de los diferentes tipos de materiales con los cuales se fabrican guantes.

Las tablas presentan datos de permeabilidad y degradación para los seis principales tipos de guantes de protección química: PVA, látex natural, viton, caucho nitrílico (NBR), caucho butílico y neopreno. Sin embargo se encontraron algunas discrepancias en los datos expuestos debido a que cada compañía realiza sus pruebas y obtiene los parámetros referidos a la marca de guante específico; por esa razón la manera más segura y recomendada para elegir un tipo de guante (y ropa), principalmente para sustancias tóxicas o altamente tóxicas, es la ejecución de pruebas específicas en laboratorios especializados. Otra alternativa es la utilización de dos guantes; cada uno de un material diferente para lograr doble protección.

Un ejemplo de estas discrepancias se encuentra en la tabla de resistencia química proporcionada por Guía modificada de Edmont Gloves Headquarters Europe (Belgium) donde se dice que el látex natural presenta una resistencia buena frente a dimetilformamida, regular frente a cloruro de metileno y buena frente a éter.⁸ Mientras que en la tabla de resistencia química proporcionada por Ansell Occupational Healthcare se observa que el guante de látex natural utilizado presenta una resistencia “excelente” frente a DMF y “no recomendada” para cloruro de metileno y éter (tabla 1 y 2). Analizando los demás disolventes se pueden observar otras discrepancias entre las recomendaciones de uso frente a distintos disolventes de las dos marcas de EPP.⁹ Ver Anexo 3 Tabla 1 y 2

CLAVE: E: Excelente I: Inferior B: Bueno M: Malo R: Regular NC: No comprobado	Composición de los guantes					
	Caucho natural ó látex	Neopreno	Nitrilo	Butilo	PVC	PVA
Ácido láctico	B	E	B	B	B	I
Ácido láurico	R	E	E	NC	B	E
Alcohol isopropílico	B	E	E	B	B	R
Cloruro de metileno	R	B	B	NC	M	E
Dimetilformamida	B	I	M	B	I	B
Disulfuro de carbono	M	R	B	M	R	E
Etanol	E	E	B	B	B	R
Éter etílico	B	E	E	I	M	B
Tolueno	M	M	E	M	B	E

Tabla 1. Guía modificada de Edmont Gloves Headquarters Europe (Belgium)

CLAVE: E: Excelente P: Insuficiente G: Apropiado NR: No recomendado F: Aceptable NA: No disponible	Composición de los guantes				
	Caucho natural	Neopreno	Nitrilo	PVC	PVA
Ácido láctico	E	E	E	E	F
Ácido láurico	E	E	E	F	NR
Alcohol isopropílico	E	E	E	G	NR
Cloruro de metileno	NR	NR	NR	NR	G
Dimetilformamida	E	G	NR	NR	NR
Disulfuro de carbono	NR	NR	G	NR	E
Etanol	E	E	E	G	NR
Éter etílico	NR	E	E	NR	G
Tolueno	NR	NR	F	NR	G

Tabla 2. Resistencia química proporcionada por Ansell Occupational Healthcare

Cabe recordar que la degradación y permeabilidad se ven afectadas con la variación de la temperatura, principalmente con su aumento. Dado que los datos obtenidos de las pruebas son válidos para temperaturas entre 20 a 25 °C, cuando se usen guantes en líquidos calentados se debe tener mucho cuidado, pues la difusión del disolvente aumentará sustancialmente.

La resistencia química de los materiales depende de las mezclas de sustancias químicas a que se sometan. Por ejemplo, el tiempo de penetración de la acetona a través del laminado viton/clorobutilo es de 53 a 61 minutos, mientras que el hexano no penetra este material en 3 horas. Sin embargo, la combinación de acetona y hexano resulta en una reducción del tiempo de penetración para 10 minutos.¹⁰

Adicionalmente al tipo de polímero que conforme el equipo de protección personal, la eficiencia de protección depende también de la formulación del material (aditivos y procesamiento).

2.2 Materiales Nanocompuestos (NC)

La nanotecnología es la creación y utilización de materiales, instrumentos y sistemas a través del control de la materia en la escala nanométrica. La esencia de la nanotecnología es la habilidad de trabajar a este nivel y generar nuevas estructuras con una nueva organización molecular. Estas nanoestructuras exhiben nuevas propiedades físicas, químicas y biológicas.

La definición de NC (en inglés nanocomposites) abarca una extensa variedad de sistemas. Los NC son aquellos materiales que presentan una combinación de dos o más fases, donde al menos una de las fases se encuentra en, al menos, una de sus dimensiones en escala nanométrica (componentes minoritarios), estos sistemas pueden ser tanto unidimensionales, bidimensionales, tridimensionales.

El tipo general de materiales orgánicos - inorgánicos de nanocompuestos es una área de investigación en rápido crecimiento. Esfuerzos significativos se centran en la habilidad de obtener el control de las estructuras a nanoescala vía aproximaciones sintéticas innovadoras y estudiar sus propiedades que difieren significativamente de los materiales convencionales no nanoestructurados.

Las propiedades de los NC dependen no solo de las propiedades de sus componentes sino también de su morfología, su estructura y de sus características interfaciales.

Dependiendo de la naturaleza de la matriz (componente mayoritario), los NC pueden ser estudiados en cualquiera de los siguientes tipos:

- a. Matriz polimérica
- b. Matriz metálica
- c. Matriz cerámica

En el tercer caso el componente nanoestructurado puede ser metálico o polimérico.

Existen diferentes variedades de NC poliméricos, pero los más avanzados comercialmente son aquellos que involucran dispersión de pequeñas cantidades de nanopartículas cerámicas en una matriz polimérica. Las arcillas nanoestructuradas han demostrado impartir propiedades impresionantes cuando se les dispersa homogéneamente.

Generalmente, el tipo de silicato usado en nanocompuestos de polímeros/silicatos es la montmorilonita, una arcilla del grupo de los filosilicatos. Esta arcilla tiene una estructura natural laminar, con plaquetas que tienen grosores de 1 nm. Las dimensiones de las partículas son la razón para clasificar estos materiales como nanocompuestos.

Aunado a estas características muchos NC poliméricos pueden ser fabricados y procesados de manera similar a los compuestos poliméricos convencionales; haciendo a los NC muy atractivos desde el punto de vista industrial.

En los 90s se reportó que con la adición de cantidades muy pequeñas de nanoláminas se lograron notables incrementos en las propiedades mecánicas y térmicas de Nylon-6¹¹. Las propiedades de un material nanocompuesto dependen, no sólo de las propiedades individuales de sus componentes, sino de su morfología y características interfaciales.¹²

El éxito en el desarrollo de materiales poliméricos nanoestructurados esta en función del grado de dispersión de la nanopartícula en la matriz polimérica y la compatibilidad o interacción interfacial entre las nanoestructuras y la matriz polimérica. Yen T, y James E. Marck (2001) encontraron que el refuerzo al adicionar montmorilonita sódica al *cis* 1,4-poliisopreno depende fuertemente del grado de dispersión de la arcilla en la matriz polimérica.¹³ Además el tamaño y forma de la nanopartícula tienen un notable efecto sobre las propiedades reológicas y mecánicas así como de barrera a gases y conductividad térmica.

Se obtienen grandes diferencias en el nanocompuesto obtenido dependiendo de la naturaleza de los componentes usados, el modo de preparación y la consecuente dispersión del compuesto nanoestructurado.

Por ejemplo en la Figura 4 se representan tres tipos de estructuras de materiales compuestos poliméricos: Material convencional cuando el polímero no es capaz de introducirse en la galería de las láminas y sólo las rodea quedando en tamaño de micras (el relleno); estructuras intercaladas (NC intercalado) en las cuales la separación entre las capas de silicato se incrementa, pero se conserva el apilamiento de la arcilla hinchada; y NC exfoliados en los cuales las láminas de silicato se encuentran completa y uniformemente dispersadas en todo el polímero, ya no existe apilamiento, es decir, están en desorden y aisladas unas de otras.¹⁴

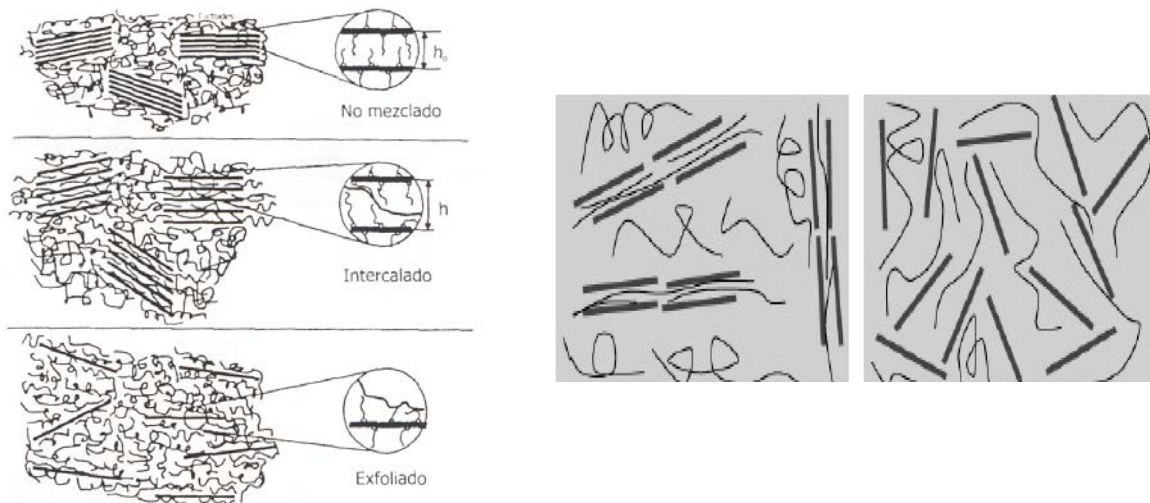


Figura 4. Tipos de NC poliméricos

En general los nanomateriales proveen un incremento sustancial en muchas propiedades debido al tamaño tan pequeño de la unidad estructural y a la gran relación superficie-volumen¹⁵.

Los efectos al agregar arcillas nanoestructuradas a la matriz polimérica se manifiestan en términos de mejoras en: propiedades de barrera, estabilidad dimensional y una buena reducción del hinchamiento por efecto de disolventes. También se observan grandes mejoras en las propiedades mecánicas.¹⁶

Los hules o elastómeros han sido usualmente reforzados mediante la adición de negro de humo y por materiales inorgánicos¹⁷ pero presentan grandes limitaciones una de ellas es la concentración del refuerzo y en el caso del negro de humo decrece la procesabilidad del hule.

El grupo Toyota preparó un nanocompuesto con nitrilo –butadieno y 10pcr (partes por cien de resina) de (MMT) y observó que las propiedades mecánicas del nanocompuesto igualan e incluso mejoran las propiedades observadas del compuesto reforzado con 40pcr de negro de humo.¹⁸

Los nanocompuestos de látex natural presentan una mayor resistencia a la tensión, módulos mayores, mayor resistencia a la ruptura y excelentes propiedades de barrera a gases que las observadas en el Látex natural reforzado con negro de humo y el polímero virgen.¹⁹

Los nanocompuestos de látex natural se han estudiado sólo en el contexto de sus propiedades mecánicas y la comparación de estos frente al negro de humo^{26, 27}. Se decidió estudiar la matriz polimérica látex con respecto a la resistencia química frente a disolventes.

A continuación se describe brevemente el látex natural y en la siguiente sección las arcillas.

2.3 Látex natural *cis*-1,4-poliisopreno

El caucho natural es un polímero de isopreno de elevado peso molecular en el que prevalece la configuración *cis*-1,4. El polímero natural tiene un grado de polimerización medio en número de alrededor de 5000 y una amplia distribución de pesos moleculares.

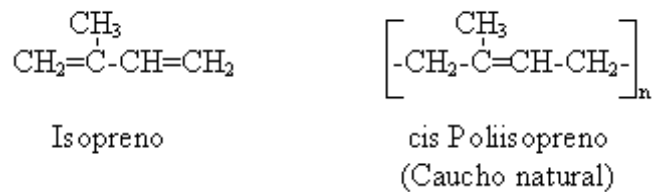


Figura 5. Látex natural *cis*-poliisopreno

Origen. El caucho natural puede obtenerse de 500 especies diferentes de plantas. La fuente más destacada es el árbol *Hevea brasiliensis*. El caucho se obtiene de un árbol que exuda un látex al cortar la corteza. El látex es una dispersión acuosa del caucho que contiene un 25-40% de sólidos. Por razones del costo de transporte y facilidad de aplicación, todo el látex usado en la industria está en forma concentrada. El más usado es el látex centrifugado, el cual se obtiene tratando el látex fresco con un agente estabilizador, como el amoníaco, y después haciéndolo pasar por una máquina centrífuga. El látex se estabiliza con 0.3% de amoníaco, se centrifuga y después se ajusta a 0.6% de amoníaco para asegurar mayor vida de almacenaje. Variando la operación de centrifugación, la cantidad relativa de concentrado y de suero puede ajustarse a un nivel económico. Aproximadamente 80% del contenido de sólidos del látex fresco queda en el concentrado y 20% en el suero o la nata.

El látex puede ser utilizado como tal como pegamento o para fabricar artículos impregnados (guantes), pero la mayoría del látex se utiliza coagulado para la fabricación de neumáticos y otros artículos. Se estima que más de 65% del látex natural usado en los Estados Unidos se emplea en la industria de la producción de espuma o esponja de caucho (hule-espuma). El resto se emplea en objetos formados por inmersión, revestimiento de telas, impregnación y artículos moldeados. Las propiedades físicas del látex de caucho natural son muy superiores a las de

cualquiera de los látex sintéticos experimentados hasta el presente incluso en guantes.

Propiedades. Las propiedades del caucho natural vulcanizado forma el modelo de las propiedades elastómericas ideales, incluidas la extensibilidad rápida hasta grandes alargamientos, la rigidez y resistencia elevada al estirado, y la rápida y completa retracción al ser liberado de la tensión externa. Tiene excelentes propiedades de resiliencia y baja histéresis. Esta es una medida de la energía que absorbe el caucho cuando se deforma. En una prueba de tracción puede representarse como el área entre la curva de extensión y la curva de retorno cuando se invierte la extensión. Figura 6

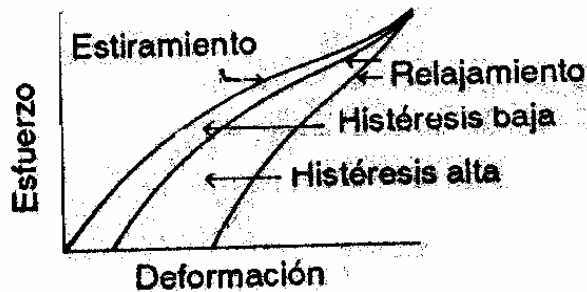


Figura 6. Curvas de histéresis en un experimento de tracción

Otras propiedades se encuentran en la siguiente tabla.

Poliisopreno		
Propiedad	Unidades	
Densidad	Kg/cm ³	913
T _g	°C	-72
Calor específico	J/Kg/K	1.905
Parámetro de solubilidad	MPa ^{1/2}	17

Tabla 3. Propiedades del Hule natural Poliisopreno

Los cauchos de poliisopreno sintéticos se producen por polimerización aniónica y de coordinación. En 1955 comenzó la producción de *cis*-1,4-poliisopreno por medio de dos rutas; una se basa en la polimerización por coordinación, utilizando un catalizador de tetracloruro de titanio y un alquilo de aluminio y la otra en una polimerización aniónica con butil litio como catalizador.

En una operación típica el isopreno se disuelve con un hidrocarburo tal como el n-pentano. Se añade el catalizador y se deja que la reacción tenga lugar a 50°C y presiones moderadas hasta que se alcance un contenido en sólido del 25%. Se añade un desactivador catalítico y un antioxidante y se elimina el disolvente en un extrusor.

El caucho de látex natural posee cadenas largas y flexibles; fuerzas intermoleculares débiles y enlaces intermoleculares ocasionales. Al no tener sustituyentes fuertemente polares, la atracción intermolecular queda limitada a las fuerzas de Van Der Waals, débiles por la configuración *cis* en todos los dobles enlaces.

La figura 7, que se encuentra a continuación compara las cadenas extendidas del caucho con la de su isómero *trans*. Se aprecia que la configuración *trans* permite cadenas extendidas regularmente zigzagantes que pueden juntarse bien, cosa que no es posible para la configuración *cis*. El estereoisómero totalmente *trans* se encuentra en la naturaleza en forma de gutapercha; es altamente cristalino y carece de elasticidad.²⁰

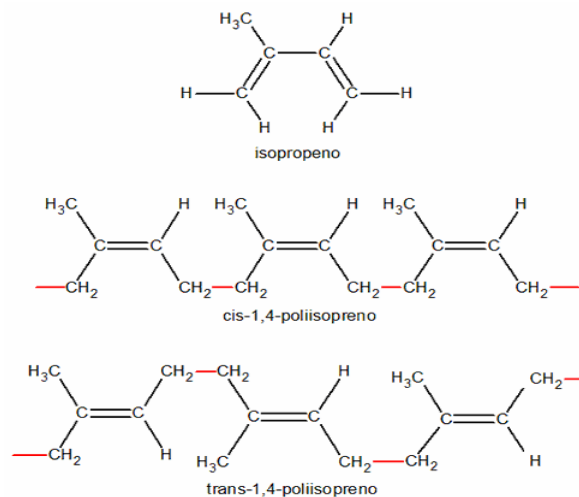


Figura 7 Isómeros *cis* – 1,4-poliisopreno y *trans*-1,4-poliisopreno

Los enlaces cruzados del caucho se logran por medio de la vulcanización con azufre, que establece puentes de azufre entre las moléculas, reacción que implica las posiciones alílicas muy reactivas por lo que depende del doble enlace en el polímero.

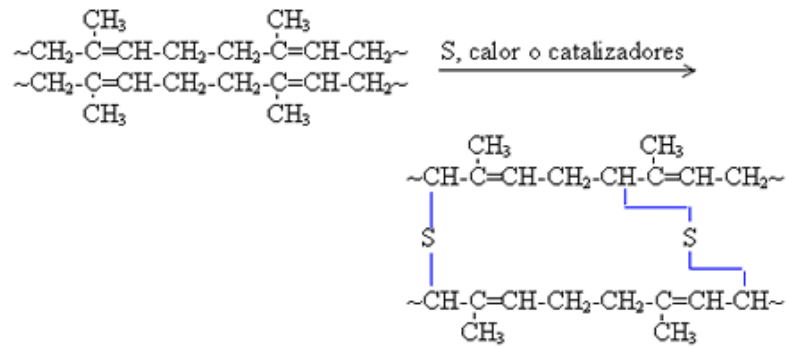


Figura 8. Vulcanización del caucho natural con azufre

La solubilidad del caucho bruto en sus disolventes más comunes no es muy elevada. Para hacer una solución de 10% es necesaria cierta disociación, ya por medios químicos, empleando un oxidante, ya por medio físicos, utilizando un molino. Las soluciones de caucho comerciales se hacen por los métodos citados.

En la práctica, los disolventes más usados son el benceno y la gasolina. Otros buenos disolventes son el tricloroetileno, tetracloroetano, pentacloroetano, tetracloruro de carbono, cloroformo, tolueno, xileno, keroseno y éter.

En contacto con el disolvente, el caucho se hincha primero poco a poco hasta las consistencias de gel y después éste se dispersa. El caucho bruto aumenta de 10 a 40 veces su propio peso en disolventes que a la temperatura ordinaria forman un gel con el caucho.

2.4 Arcillas

La montmorilonita (MMT) (material nanoestructurado agregado a la matriz para formar nanocompuestos) es una arcilla del grupo de los filosilicatos (del gr. filos = hoja) lo que indica que su morfología es en forma de láminas u hojas²¹.

La formula química de la MMT es $(Mg,Ca)O:Al_2O_3Si_5O_{10}nH_2O$ su red cristalina consiste en láminas de 1nm de espesor, las láminas se organizan paralelamente para formar paquetes con un espacio regular entre ellas, llamado espacio interlaminar o galería.

La MMT es trilaminar, esta constituida por una lámina de tetraedros seguida por una de octaedros, seguida por una de tetraedros (T:O:T)

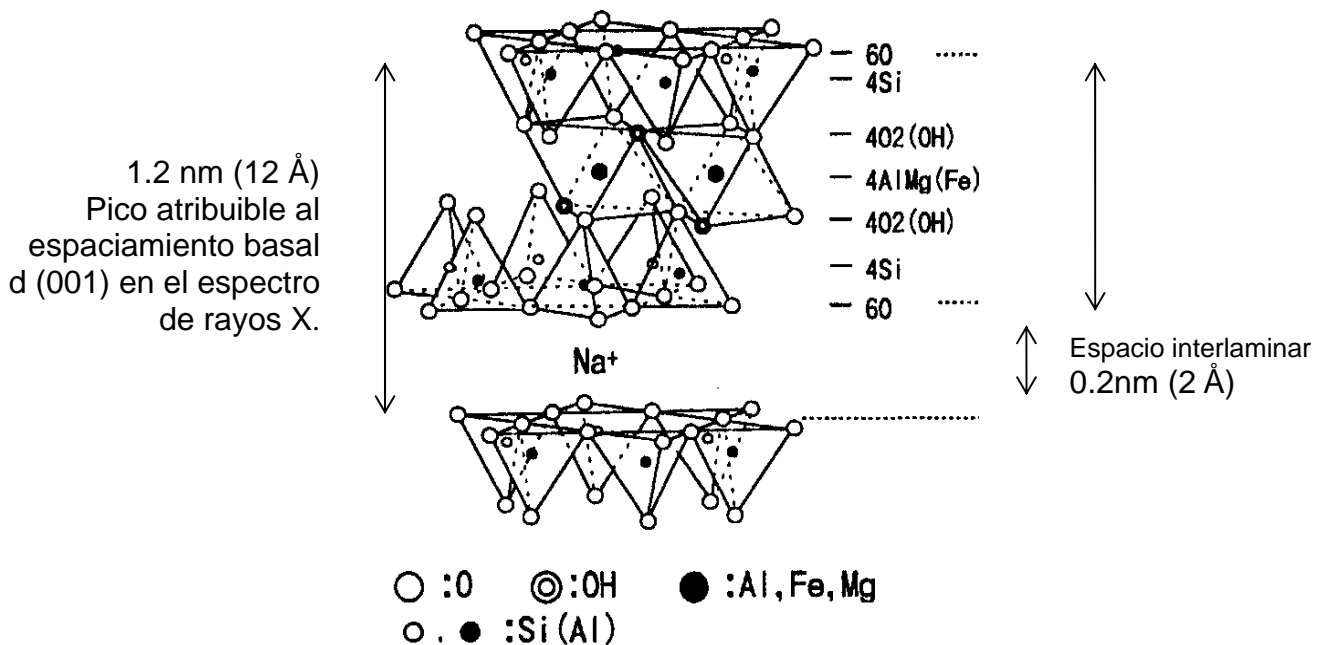


Figura 9. Representación estructural de la montmorilonita

Las láminas de la montmorilonita que no están separadas entre sí son referidas como tactoides. La mayor dificultad al utilizar la montmorilonita para formar NC exfoliados es la separación de esos tactoides en las láminas individuales en el proceso de dispersión al formar los nanocompuestos.²²

Así pues, las arcillas son activas tanto física como químicamente y se combinan con el agua para formar suspensiones, mezclas pastosas y pastas, cambiando su tamaño de partícula efectivo; además, captan iones o moléculas sobre sus superficies o en las partes internas de sus galerías.

Interacción de la MMT con el Agua

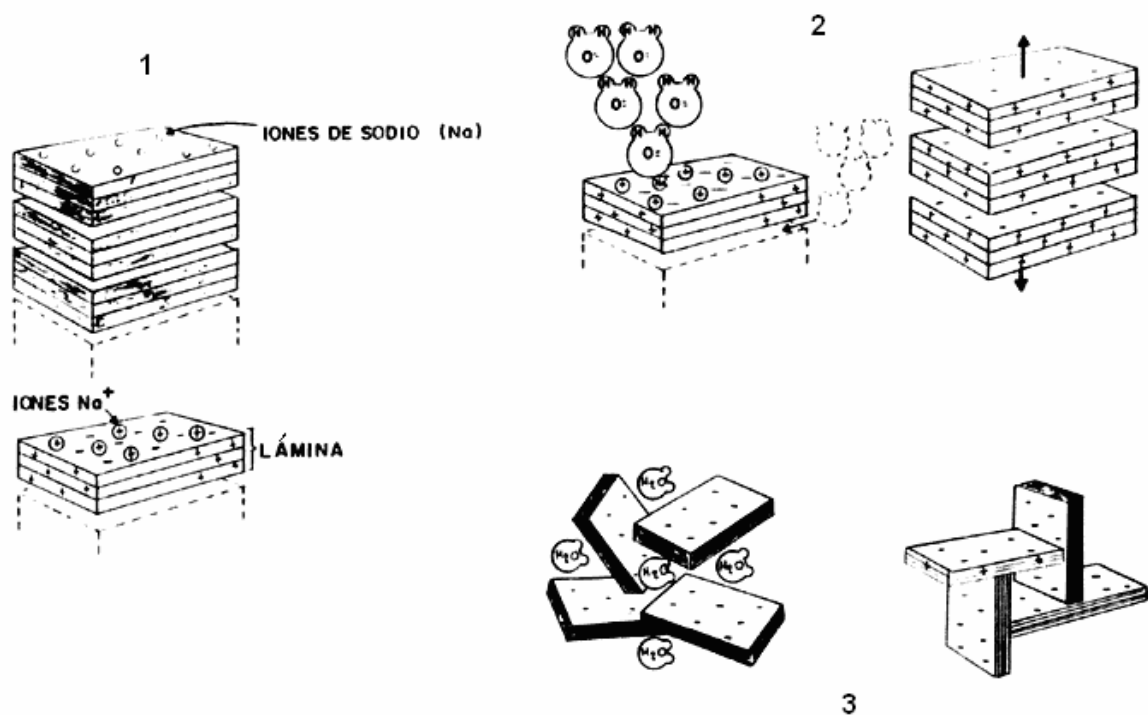


Figura 10. Interacción de la MMT con el agua

Etapas secuenciales en la interacción del agua con la arcilla.

1: La arcilla se encuentra en un estado deshidratado, son algunos iones de sodio (Na^+), potasio (K^+) o tal vez calcio (Ca^{2+}) adsorbidos en el espacio interlamilar.

2: Las moléculas de agua son atraídas hacia las superficies planas debido a la presencia de los iones sodio cargados positivamente. En este estado, las moléculas de agua se hacen más polares, atrayendo a otras de su especie. Las moléculas de agua continúan llenando el espacio interlaminar, neutralizando parcialmente las superficies expuestas y manteniendo las láminas apartadas unas de otras.

3: El equilibrio de hidratación es alcanzado cuando se obtiene una estructura interna hidratada que hace coincidir los bordes cargados positivamente con las caras planas cargadas negativamente, de modo que se forma una estructura de *castillo de naipes*, por lo que las moléculas de agua entran y salen libremente. Este castillo puede derrumbarse mediante una agitación vigorosa de la suspensión, pero tiende a formarse de nuevo si la agitación termina, esto es, si el medio queda libre de esfuerzos mecánicos. Este último efecto se debe a que las hojas mantienen la fuerte carga electrostática que las atrae.

En este trabajo se aprovecha esta propiedad para lograr una exfoliación del material ya que el elastómero utilizado se encuentra en una suspensión acuosa.

2.5 Incremento de la propiedad de barrera por acción de la MMT³¹

Se ha observado que la exfoliación de arcillas como la MMT puede mejorar de manera sustancial las propiedades de barrera a gases en materiales poliméricos. La adición de nanoarcillas también reduce el hinchamiento de estos materiales por disolventes.

Neilson A.²³ propuso que las partículas de la arcilla incrementan las propiedades de barrera (reducen la permeabilidad a gases) de los polímeros de acuerdo a un modelo de "camino tortuoso", en el cual las láminas obstruyen el paso de los gases o sustancias a través de la matriz polimérica.

El incremento de barrera es predicho bajo este modelo siendo función de la fracción volumen de las láminas Φ , y función de la superficie de contacto dada por la razón de proporcionalidad (en inglés aspect ratio) de las láminas α .

Debido a la gran superficie de contacto de las láminas se espera un incremento sustancial de barrera de acuerdo a la siguiente ecuación de permeabilidad:

$$P_{nanocomposito} = \frac{(1-\phi)P_{matriz}}{1 + \alpha\phi/2}$$

Donde $P_{nanocomposito}$ representa la permeabilidad del nanocompuesto resultante, y P_{matriz} representa la permeabilidad de la matriz. Una ilustración del modelo de “camino tortuoso” para el incremento en las propiedades de barrera se ilustra en la Figura 11

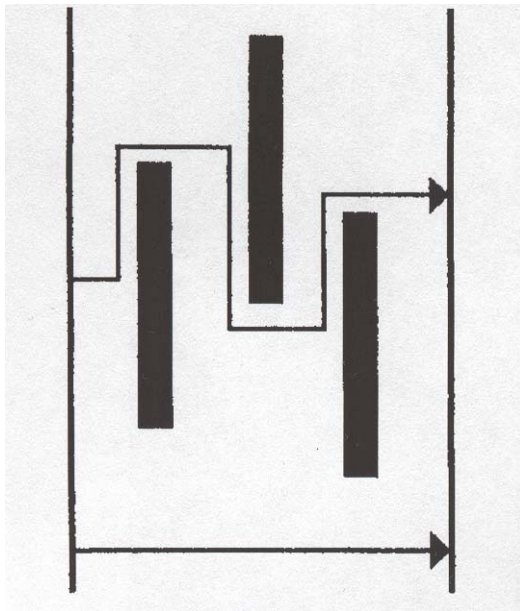


Figura 11. Modelo de “camino tortuoso” para el incremento en las propiedades de barrera³¹

2.6 Técnicas de Caracterización

2.6.1 Estructura

Varias técnicas de caracterización se han utilizado extensamente para el estudio de NC poliméricos. La difracción de rayos X (XRD por sus siglas en inglés), es la utilizada comúnmente para determinar la estructura cristalina del material, para determinar la intercalación del polímero o la exfoliación de la arcilla. La Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) provee imágenes de la superficie de una muestra, sirve, en nuestro caso, para observar tamaño de partícula, calidad de dispersión,

presencia de poros. La microscopía electrónica de transmisión (MET) permite observar la estructura interna, la distribución espacial de varias fases, el estado de la arcilla y se obtiene exfoliación de ésta.

Para una estructura intercalada el pico característico atribuido a la distancia basal $d(001)$ tiende a correrse hacia menor ángulo, regido por la expansión de la distancia interlaminar o distancia basal. Como en este caso la distancia entre las láminas crece, se observa el corrimiento de la señal hacia menores valores de 2θ . Como siguen existiendo fuerzas de atracción entre las láminas se conserva el orden estructural. En contraste, en un patrón de rayos X de un nanocompuesto exfoliado no se observa ninguna señal correspondiente a la distancia $d(001)$. La ausencia del pico de difracción indica que la arcilla se encuentra totalmente delaminada y distribuida al asar en toda la matriz polimérica. La ausencia del pico de difracción por sí sólo no debe ser utilizada como única evidencia de exfoliación, por que es posible que ha muy bajas concentraciones la arcilla no sea detectada por el equipo.

Eckel y su equipo²⁴ indican que la utilización única de XDR puede proporcionar falsas interpretaciones acerca de la exfoliación o no exfoliación de los nanocompuestos.

La microscopía electrónica de transmisión complementa a la difracción de rayos X y es necesaria para confirmar la exfoliación de un nanocompuesto.²⁵

Vaia y su grupo mencionan que el grado de exfoliación puede aumentar con el uso de extrusores, mezcladores convencionales, sonicadores etc.²⁶

2.6.2 Análisis Mecánico³⁵

El análisis mecánico es utilizado en estudios de procesos de relajación y en reología, para estudiar y caracterizar el comportamiento de materiales viscoelásticos como polímeros y sus respuestas ante impulsos, estrés, deformación en tiempo y frecuencia.

Este estudio es importante para la comprensión de la mecánica de materiales poliméricos utilizados como hules, fibras textiles, empaques, plásticos, espumas y diferentes compuestos.

El análisis mecánico utiliza el principio de estímulo-respuesta, para ello una fuerza es aplicada a la muestra y el desplazamiento resultante es medido, la rigidez de la muestra se determina y se calcula el módulo. Por medio de la medición del lapso entre el desplazamiento y la fuerza aplicada es posible determinar las propiedades de deformación del material.

Los materiales viscoelásticos como los polímeros existen típicamente "en dos estados", es decir, muestran propiedades vítreas con un módulo considerablemente alto a bajas temperaturas y un estado ahulado, con un módulo relativamente bajo a temperaturas altas.²⁷

Mide la rigidez (módulo) y las propiedades de disipación de energía de un material al ser sometido a una deformación por aplicación de una fuerza.

Es un método muy sensible para la determinación de las propiedades termoelásticas de un material, su rigidez, resistencia a los impactos, cambios de comportamiento en función de la temperatura, etc.

2.6.3 Análisis Termogravimétrico TGA²⁸

El análisis termogravimétrico (TGA) es una técnica en donde se analiza la variación de peso de una muestra en función del tiempo o la temperatura. Para realizar el análisis, la muestra es colocada en una balanza y calentada en un pequeño horno. Ya que todos los materiales orgánicos se descomponen al calentarse, y la temperatura de descomposición es una característica propia de cada material, el TGA es una excelente técnica para la caracterización de los materiales.

Entre la información que se puede obtener de un análisis termogravimétrico está la temperatura de descomposición, la estabilidad térmica, la composición química, extensión del curado en polímeros de condensación y composición.

El TGA se utiliza para determinar el porcentaje de contenido de relleno de muchos polímeros.

En el análisis termogravimétrico (TGA) se utiliza una balanza sensible, que sigue el cambio de peso de la muestra en función de la temperatura.

2.6.4 Densidad de entrecruzamiento²⁹

Ya que un elastómero es un polímero entrecruzado, es decir, posee un cierto número de enlaces que unen las cadenas principales, un modo de caracterizarlo es mediante la cuantificación de la cantidad de dichos enlaces cruzados, de este modo definimos la densidad de entrecruzamiento (η) como el peso molecular de las cadenas entre enlaces cruzados que las unen por unidad de volumen. También se suele usar el cociente de número de enlaces cruzados por cadena.

Un polímero entrecruzado cuando se coloca en un buen solvente, más que disolverse, absorbe una porción del disolvente y subsecuentemente se hincha. El gel se puede caracterizar como una solución elástica en la cual compiten dos fuerzas a equilibrarse.

La primera es la energía libre de mezclado, que provoca que el disolvente penetre y trate de disolver al polímero, que se favorece por el aumento de la temperatura. La segunda fuerza consiste en una resistencia que presentan las cadenas en la red del polímero entrecruzado al hinchamiento. Mientras que el polímero empieza a hincharse debido al disolvente, sus cadenas generan una fuerza reactiva en oposición a esta deformación. El equilibrio se alcanza cuando estas dos fuerzas se equilibran.

Dado que el cociente de hinchamiento en estado estacionario es una función directa del grado de entrecruzamiento, los experimentos de hinchamiento se usan para caracterizar redes de polímeros.

La densidad de entrecruzamiento se determina por medio de la ecuación de Flory-Rhener:³⁰

$$-\left[\ln(1 - \phi_r) + \phi_r + \chi \phi_r^2\right] = V_0 \nu \left[\phi_r^{1/3} - \frac{\phi_r}{2} \right]$$

Donde Φ_r es la fracción volumen del polímero hinchado; V_0 volumen molar del disolvente (para tolueno 106.2); χ constante de interacción polímero disolvente ($\chi_{tol}=0.393$).

$$\phi_r = \frac{W_i - W_w}{(W_i - W_w) + \left(\frac{W_s - W_i}{\rho_s}\right)}$$

donde W_i peso de muestra del polímero en el aire; W_s peso en el estado hinchado; W_w peso del polímero inmerso en agua y ρ densidad del disolvente (0.87 para tolueno).

2.6.5 Porcentaje en gel

El porcentaje en gel se determina pesando la fracción insoluble del polímero después de una extracción en soxhlet con tolueno en ebullición por 24h.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ gel} = (M_i \times 100) / M_f$$

M_i = masa inicial del polímero

M_f = masa final del polímero (después de agregar tolueno)

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 MATERIAL Y EQUIPO

3.1.1 Reactivos

- Montmorillonita (MMT) Fórmula Química: $(\text{Mg,Ca})\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\text{Si}_5\text{O}_{10}\cdot n\text{H}_2\text{O}$; Módulo por lámina de arcilla: 170-190 GPa- Capacidad de intercambio catiónico (CEC, Cation Exchange Capacity) de 135meq/100g. Espacio interlamilar de 12 Å. Grado polimérico o de alta pureza, de Nanocor.
- Acetona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), 99.5% Aldrich,
- Acetato de etilo, ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$), 99.5% J.T. Baker.
- Diclorometano, (CH_2Cl_2), 99.9% Sigma Aldrich.
- Dimetilformamida, ($\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$), 99% Sigma Aldrich
- Disulfuro de Carbono, (CS_2), 99%, Sigma Aldrich
- Etanol, ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), 99.66% J.T. Baker.
- Éter, (C_2H_5)₂O, 99.9% J.T. Baker.
- Hexano (C_6H_{14}), 99%. J.T. Baker.
- Metanol, (CH_3OH), 99.9% J.T. Baker.
- Tolueno, (C_6H_5)CH₃, 99.9% J.T. Baker.
- Látex natural centrifugado 63% sólidos, Suministros de especialidades SA de CV.
- Látex natural centrifugado 63% sólidos, Poliformas Plásticas SA de CV.
- Guantes comerciales investigados: Adex rojo grabado, Spontex hand care, Spontex sensi-pro, Vitex satinados doble capa, Scotch Brite guante para limpieza pesada, Vileda universal, Adex amarillo clase 1 tipo A, Vitex multiusos afelpados doble capa, Vitex refortex prevulcanizado y Spontex sensitive.

3.1.2 Equipo de caracterización

- Balanza analítica modelo GA2000 y analítica plus modelo AP110, de OHAUS Suiza.
- Difractómetro de Rayos-X Equipo Brucker Axs Mod. D8 Advance. Base de datos ICDD (International Centre for Diffraction Data), PDF 1 y 2 (Powder Diffraction Files 1,2).
- TGA Equipo Hi-Res TGA 2950 Thermogravimetric Analyzer TA Instruments.
- Espectrofotómetro FT-IR modelo 510P, Nicolet.
- DMA Q800 V7.5 Build 127

3.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.2.1 Caracterización de la materia prima

Se caracterizó la materia prima (látex natural) por medio de espectroscopia infrarroja en película, análisis termogravimétrico, densidad de entrecruzamiento, %gel y XDR.

3.2.1.1 Densidad de entrecruzamiento

Para determinar la densidad de entrecruzamiento se necesitan de los siguientes parámetros:

Wi peso de muestra del polímero en el aire

Ws peso en el estado hinchado

Ww peso del polímero inmerso en agua

ρ densidad del disolvente (0.87 para tolueno).

El método para determinar la densidad de entrecruzamiento fue el siguiente:

Se pesan 0.5g de látex natural, obteniendo así el peso de la muestra en el aire W_i . Se colocan 100mL de agua en un matraz; se coloca la muestra en el matraz previamente tarado obteniendo así W_w .

Posteriormente se elimina el agua se seca la muestra y se adicionan 100ml de tolueno a una temperatura de 30°C, al transcurrir 24h se decanta el disolvente y la muestra se pesa obteniendo así W_s , peso en el estado hinchado. La densidad de entrecruzamiento se calcula con la ecuación de Flory- Rhener (ver páginas 36 y 38).

3.2.2.2 Porcentaje en gel.

Se toma una muestra de látex de 0.5g, masa inicial. Se mide el peso del dedo de celulosa donde se va a colocar la muestra, posteriormente se coloca la muestra en el dedo y se coloca en el soxhlet. Se deja a reflujo con 100mL de tolueno por 24h. Transcurrido el tiempo se saca el dedo con la muestra, se seca totalmente a 50°C con vacío por una hora para eliminar totalmente el tolueno, se pesa. Por diferencia de masas entre el peso final y el peso del dedo se obtiene la masa final del polímero.

3.2.2 Obtención de NC de látex natural

Se preparan 100g de una dispersión 5% p/p de la montmorillonita sódica en agua colocando 5g de MMT y 95g de H_2O en un matraz de 250ml manteniendo en agitación por 12h a 600rpm.

Posteriormente se mezcla la dispersión de la arcilla con el látex natural con agitación magnética por 10min para obtener nanocompuestos con cada una de las concentraciones (1.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.5 y 10 pcr).

También se obtuvieron nanocompuestos siguiendo el procedimiento anterior pero con 3 minutos adicionales de agitación con rodillos corrotatorios (uno a 220rpm y el otro a 80rpm).

La mezcla se coloca en el par de rodillos (Figura 12). Después de tres minutos de mezclado se recolecta la muestra con ayuda de una espátula.

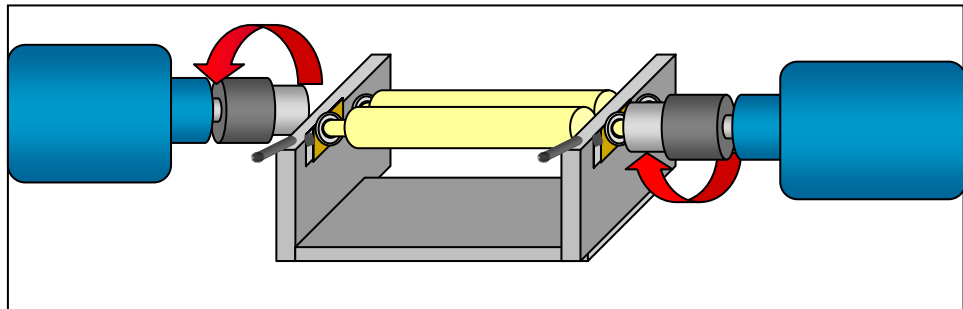


Figura 12. Rodillos utilizados para mezclar la resina con la arcilla.

Las dispersiones se vacían en moldes de acrílico rectangulares. Se secan a 80°C por 30 minutos. Las películas resultantes se miden, recortan (50 mm x 25 mm x 0.05-0.1mm) y se someten a las diversas pruebas de caracterización.

3.2.3 Preparación de materiales con carga mineral

Se prepararon materiales con carga mineral (sulfato de bario BaSO_4 tamaño de partícula $1\mu\text{m}$) a las concentraciones de 1,3, 7.5 y 10 pcr.

Se pesaron 30g de látex natural centrifugado 63% sólidos y se adicionaron 0.18g de BaSO_4 para obtener el material con concentración de 1pcr, se mezclan con agitación magnética por 10 min. Se repite el mismo procedimiento variando la concentración de sulfato de bario. Las mezclas obtenidas se vacían en moldes de acrílico rectangulares. Se secan a 80°C por 30 minutos. Las películas resultantes se miden, recortan (50 mm x 25 mm x 0.05-0.1mm) y se someten a las diversas pruebas de caracterización.

3.2.4 Determinación de la Resistencia Química

Las muestras de guantes comerciales y las películas de nanocompuestos se recortan para tener las dimensiones de acuerdo a la norma ASTM D471 “Método estándar para determinar las propiedades de los hules por efecto de disolventes” (dimensiones originales 50x25mmxespesor de la muestra). Se pesan y colocan colgados en un vaso de precipitados con 140mL de disolvente por 30 minutos a temperatura ambiente 25°C (Figura 13), procurando que las películas no toquen las paredes del vaso ni se toquen entre ellas. Al cabo del tiempo se vuelven a medir sus dimensiones y el peso final. La prueba se realizó por triplicado. Se obtiene el porcentaje de cambio promedio.



Figura 13. Prueba de Resistencia química

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primeramente se muestran los resultados de caracterización de la materia prima, (FTIR, TGA, XDR, % gel y densidad de entrecruzamiento); posteriormente se presentan los resultados de la caracterización y de resistencia química de los NC obtenidos y de los productos comerciales.

4.1 Análisis por espectroscopía infrarroja

Se caracterizaron dos fuentes de látex natural (*Poliformas Plásticas SA de CV* y *Suministros de especialidades SA de CV*). El látex obtenido de *Poliformas Plásticas SA de CV* no soportó la agitación mecánica a 200rpm, la dispersión se desestabiliza y se coagula inmediatamente.

El látex de *Suministros de Especialidades* si soportaba la agitación y la dispersión se mantiene estable. Se sometieron ambas fuentes a espectroscopía infrarroja para determinar si existía alguna diferencia, ya que en las hojas de datos proporcionadas por lo fabricantes no existía diferencia alguna.

Las señales observadas en el espectro de FTIR corresponden a los grupos funcionales del polímero. Se obtuvo el FTIR para las dos fuentes comerciales de látex (Figura 14 y Figura 15). Tabla 3 látex *Poliformas plásticas* y Tabla 4 látex de *Suministros de Especialidades*.

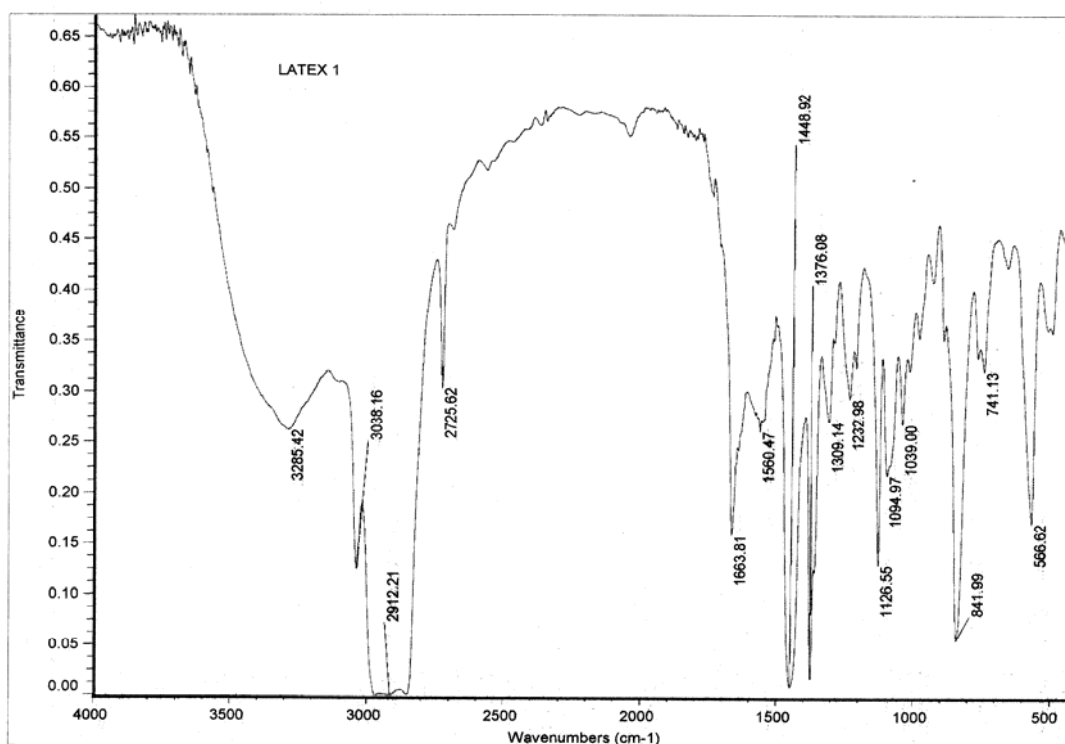


Figura 14. FTIR látex natural de *Poliformas Plásticas SA de CV*

Numero de onda cm^{-1}	Observaciones
3285.42	Banda atribuida a la vibración O-H no se refiere a alcohol debido a que no se observan la banda de la vibración C-OH
3038.16	Vibración = C-H estiramiento asimétrico; instauraciones
2912.21	Vibraciones C-H de grupos saturados metilos y metilenos
1663	Banda correspondiente a un alqueno cis v C=C
1376 y 1448	Alcanos -CH ₃ dimetil
741	Banda de la vibración C-S común en mercaptanos y sulfóxidos
2725	Banda del grupo S-CH ₂

Tabla 3. Observaciones FTIR látex *Poliformas Plásticas*

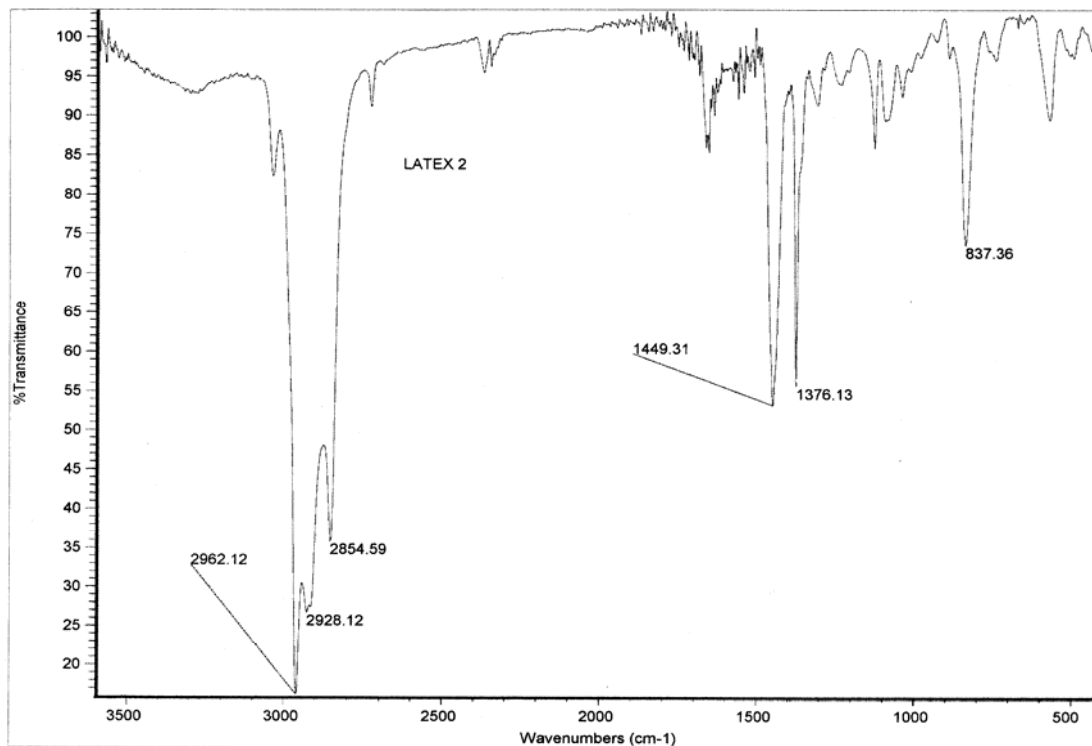


Figura 15. FTIR Látex natural de *Suministros de especialidades SA de CV*

<i>Látex Suministros de Especialidades</i>		
Número de onda		Observaciones
Referencia	Experimental	
3034.09	3030	Vibración =C-H estiramiento asimétrico insaturaciones
2959.30, 2920.71 y 2855.31	2962, 2928 y 2854.59	Vibración C-H de grupos saturados, metilos y metilenos -CH ₃ y -CH ₂ -
1655	1652	Banda correspondiente a un alqueno <i>cis</i> ν C=C
1374.50 y 1447.32	1376.13 y 1449.31	Bandas característica de alcanos

Tabla 4. Observaciones FTIR Látex *Suministros de Especialidades*

Se observa que el látex de *Poliformas Plásticas SA de CV* presenta vibraciones carbono-azufre que pueden ser atribuidas a la existencia de una prevulcanización con azufre y a la presencia de aditivos como antioxidantes fenólicos y aceleradores (mercaptobenzotiazol) (ver tabla 3 y 4). La vulcanización hace menos eficiente la incorporación de la arcilla en la matriz polimérica debido a la gran cantidad de enlaces cruzados que se presentan en un material vulcanizado; por esta razón no es posible obtener nanocompuestos con este material y es necesario obtener un látex no vulcanizado para lograr una mejor incorporación de la arcilla en la matriz.

Por todo lo anterior se decidió trabajar con el látex de *Suministros de Especialidades SA de CV*

4.2 Análisis Termogravimétrico

En la Figura 16 se muestra el análisis termogravimétrico del látex de *Suministros de Especialidades* previamente secado a 150°C por 30min. Se observa que no existen pérdidas en peso considerables antes de la descomposición del polímero a una temperatura alrededor de 323°C. La descomposición a 425°C es completa, no quedan residuos.

En contraste el análisis de TGA correspondiente al látex de *Poliformas Plásticas* muestra una mayor pérdida (2% en peso) a 211°C que se atribuyen a los aditivos y el agua. La descomposición del polímero se lleva a cabo alrededor de los 328 °C igual que el anterior pero existe un 2.68% de sólidos remanentes.

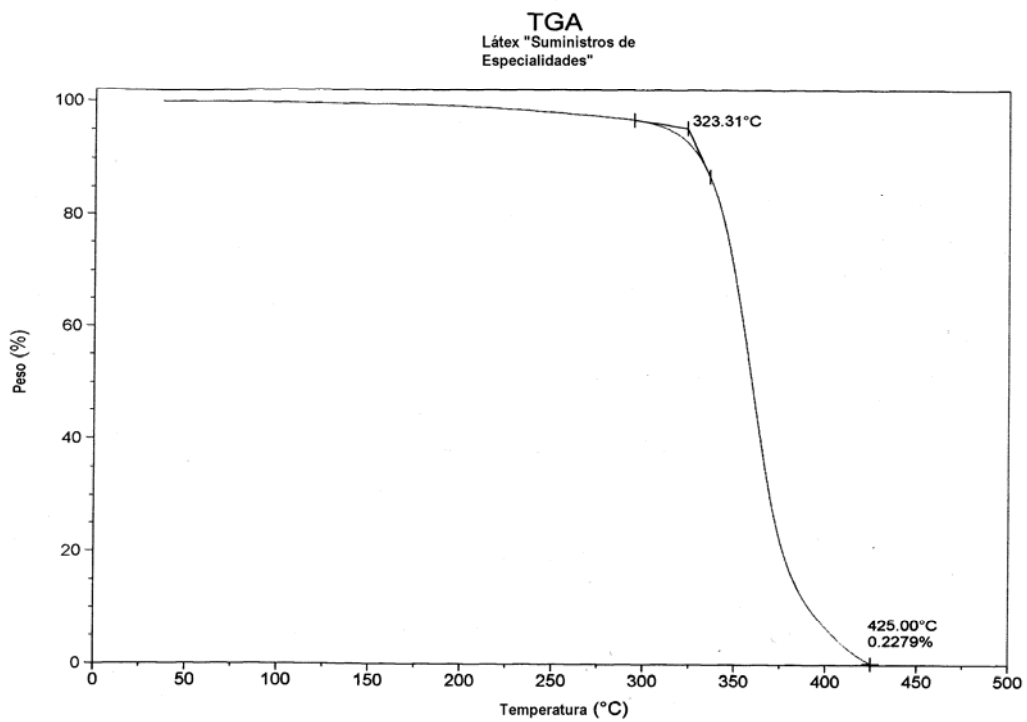


Figura 16. TGA Látex de Suministros de Especialidades SA de CV

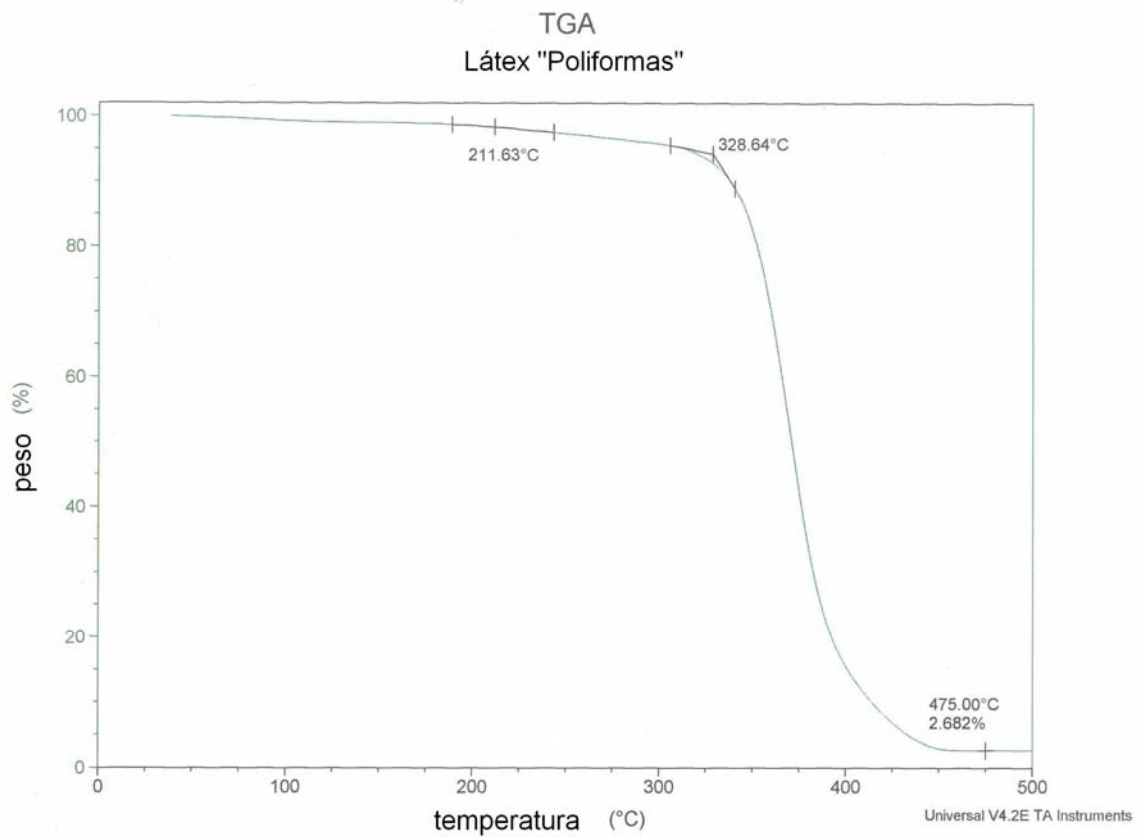


Figura 17. TGA Látex de Poliformas Plásticas SA de CV

En la práctica estas características dificultaron su procesamiento por lo que se decidió utilizar el látex de *Suministros de especialidades* con aditivos que permiten su procesamiento y sin prevulcanizar.

4.3 Determinación de la densidad de entrecruzamiento y porcentaje en gel

La densidad de entrecruzamiento se determina por medio de la ecuación de Flory-Rhener²⁴ (ver páginas 41 y 42)

El experimento se realizó a 30°C con tolueno obteniendo los siguientes resultados:

$$\eta_1 = 9.24 \cdot 10^{-7}$$

$$\eta_2 = 8.00 \cdot 10^{-7}$$

Estos resultados concuerdan con los presentados por M. Arroyo, et al.¹ Es bien sabido que un elastómero al tener enlaces entrecruzados no puede disolverse, pero si puede hincharse en una gran cantidad de disolventes. El grado de hinchamiento depende de la densidad de entrecruzamiento del elastómero y del disolvente usado. Un material altamente entrecruzado presentará un hinchamiento limitado, pero si el material presenta una densidad de entrecruzamiento baja se logrará observar un hinchamiento grande del polímero. Al obtener densidad de entrecruzamiento baja para el Látex de *Suministros de especialidades* es posible incorporar de una manera más eficiente la arcilla.

El porcentaje en gel se determina pesando la fracción insoluble después de una extracción en soxhlet con tolueno por 24h. Se obtuvo el porcentaje en gel de la materia prima del 78%.

4.4 Análisis de Difracción de Rayos X (XDR)

4.4.1 Difracción de Rayos X en la materia prima

En la Figura 18 se observa el difractograma de Rayos X de la montmorillonita con sus picos característicos, que se indican en la Tabla. Se tomó especial atención en el pico que se encuentra alrededor de 7° de 2θ atribuido a la distancia interlamina de 12 \AA $d(001)$.²

La señal resaltada que se encuentra arriba de 60° de 2θ se ha tomado como referencia para verificar si el equipo esta detectando la arcilla en caso que desaparezca la señal del plano $d(001)$ en nanocompuestos exfoliados.

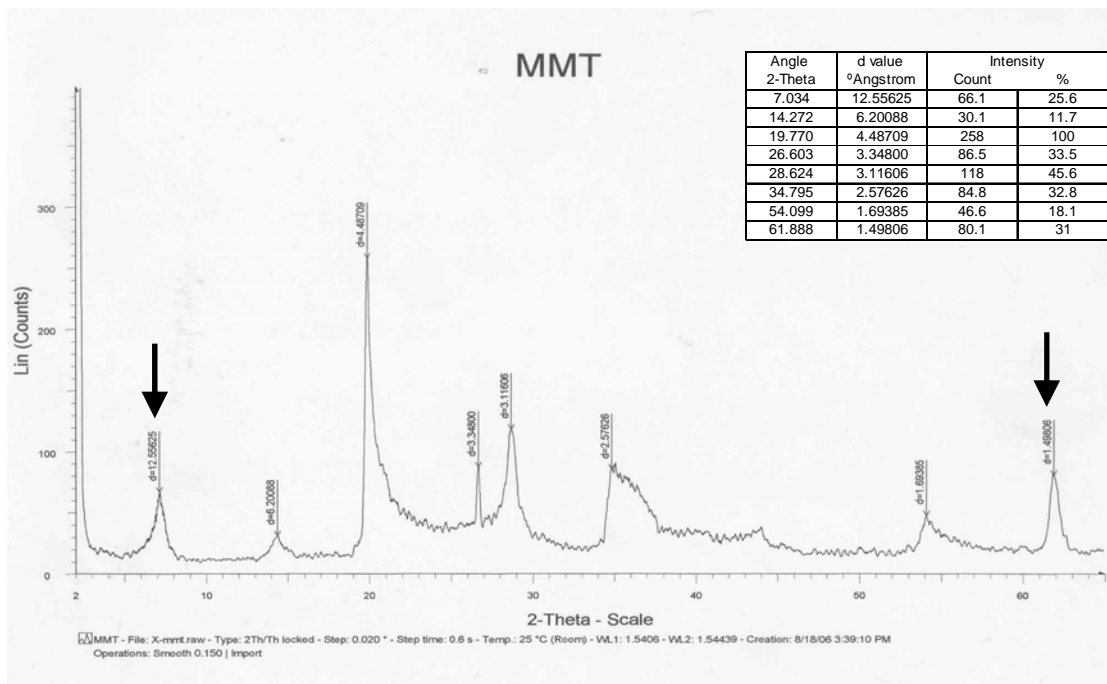


Figura 18. Patrón de Difracción de Rayos X de la MMT

En el difractograma del látex natural (Figura 19) se observa que el polímero muestra un máximo en intensidad alrededor de un ángulo 2θ de 26° con la típica señal ancha de los materiales amorfos. Es importante hacer notar que no existe señal debajo de 10° de 2θ , lo que permite monitorear la distancia interplanar correspondiente al

plano d(001) que se encuentra en un ángulo 2θ de 7° para arcilla sódica. También se pueden apreciar las señales de la arcilla arriba del 60° de 2θ permitiendo monitorear si el equipo detecta a la arcilla. No se observan picos de difracción de material cristalino debido a que el látex es un polímero con estructura amorfa en su estado no estirado.

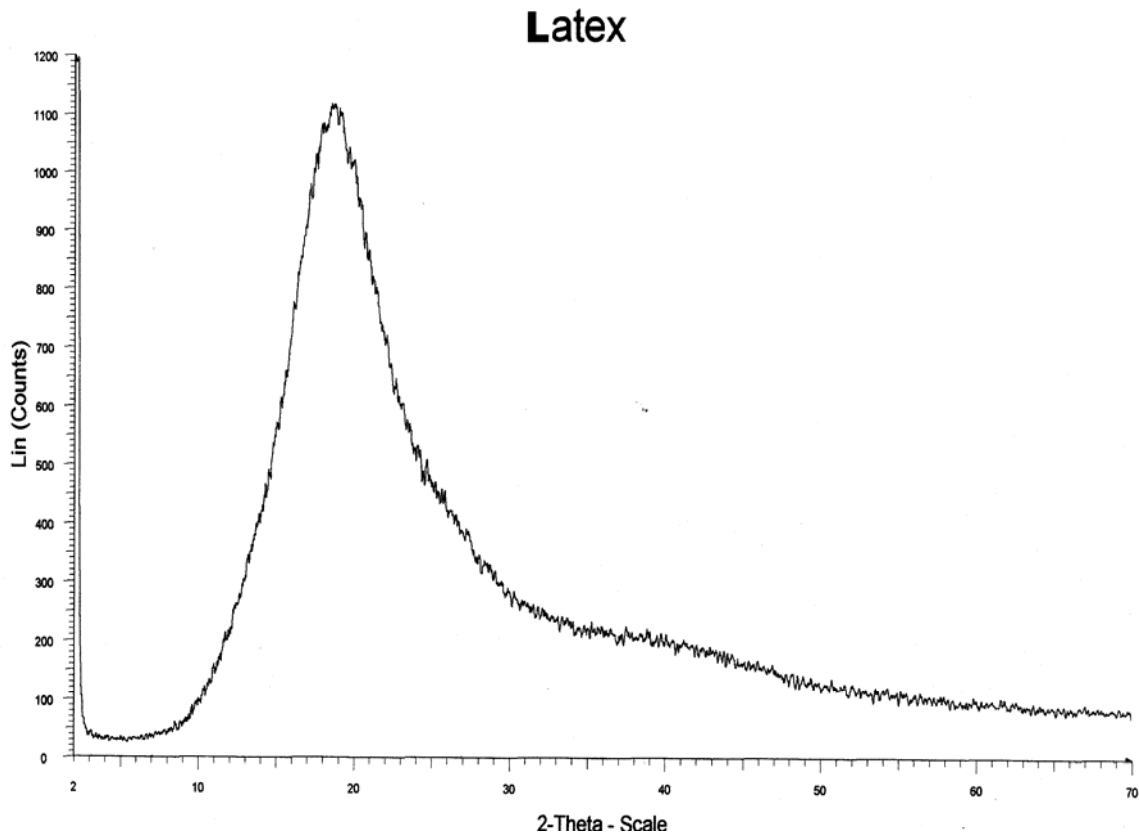


Figura 19. Patrón de difracción de Rayos X del látex natural Suministros de especialidades.

De esta manera si la señal debajo de 10° no se logra observar y tampoco la señal arriba de 60° se puede afirmar que el equipo no detecta a la arcilla. Sin embargo, si no existe pico de difracción debajo de 10° pero si existe la señal arriba de 60° se puede tener evidencia de exfoliación.

Un ejemplo de exfoliación se muestra en la Figura 20. La parte central del difractograma (de 10° a 60° de 2θ) no se registra por no aportar información relevante.

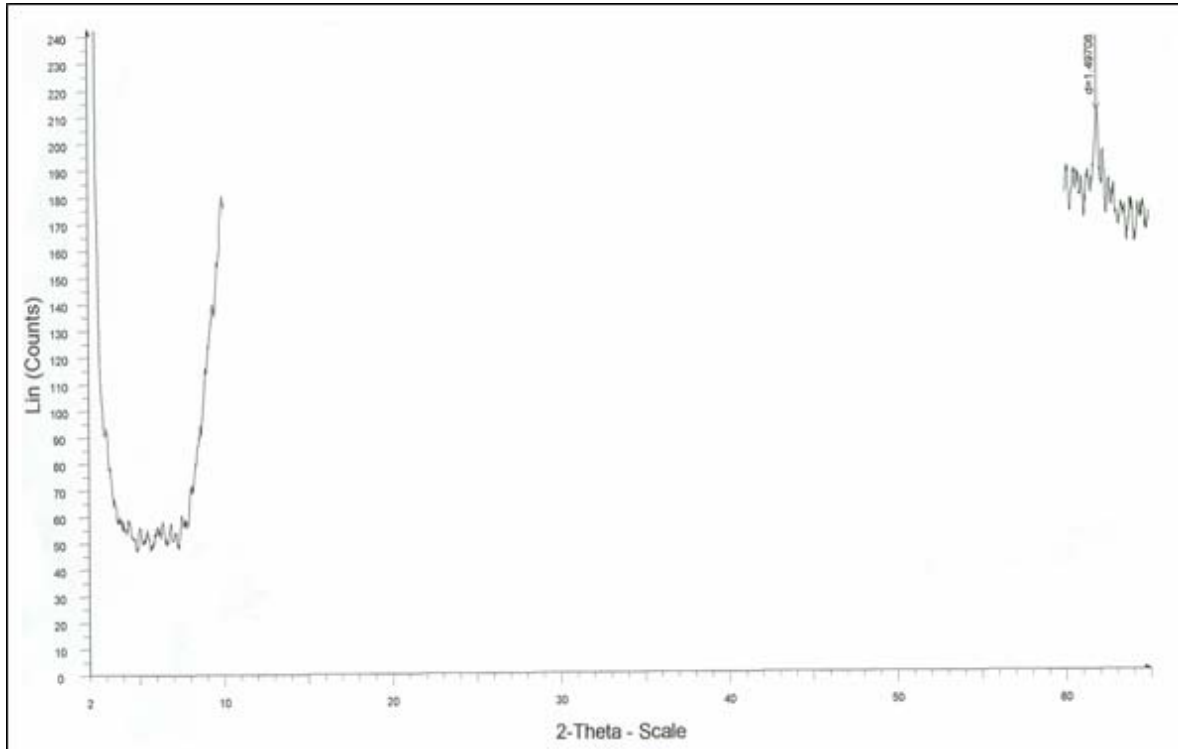


Figura 20. Ejemplo de exfoliación.

Al utilizar una dispersión de la arcilla en agua, ésta se encuentra exfoliada (de acuerdo a la interacción del agua con la arcilla ver pág. 35) al agregar el polímero se busca que la exfoliación permanezca y la arcilla logre distribuirse homogéneamente en todo el polímero sin que ésta se regrese a su estructura apilada cristalina original.

4.4.2 Difracción de Rayos X de NC

El patrón de difracción de rayos X de los nanocompuestos preparados con agitación con rodillos a las diferentes concentraciones de trabajo se muestra en la Figura 21

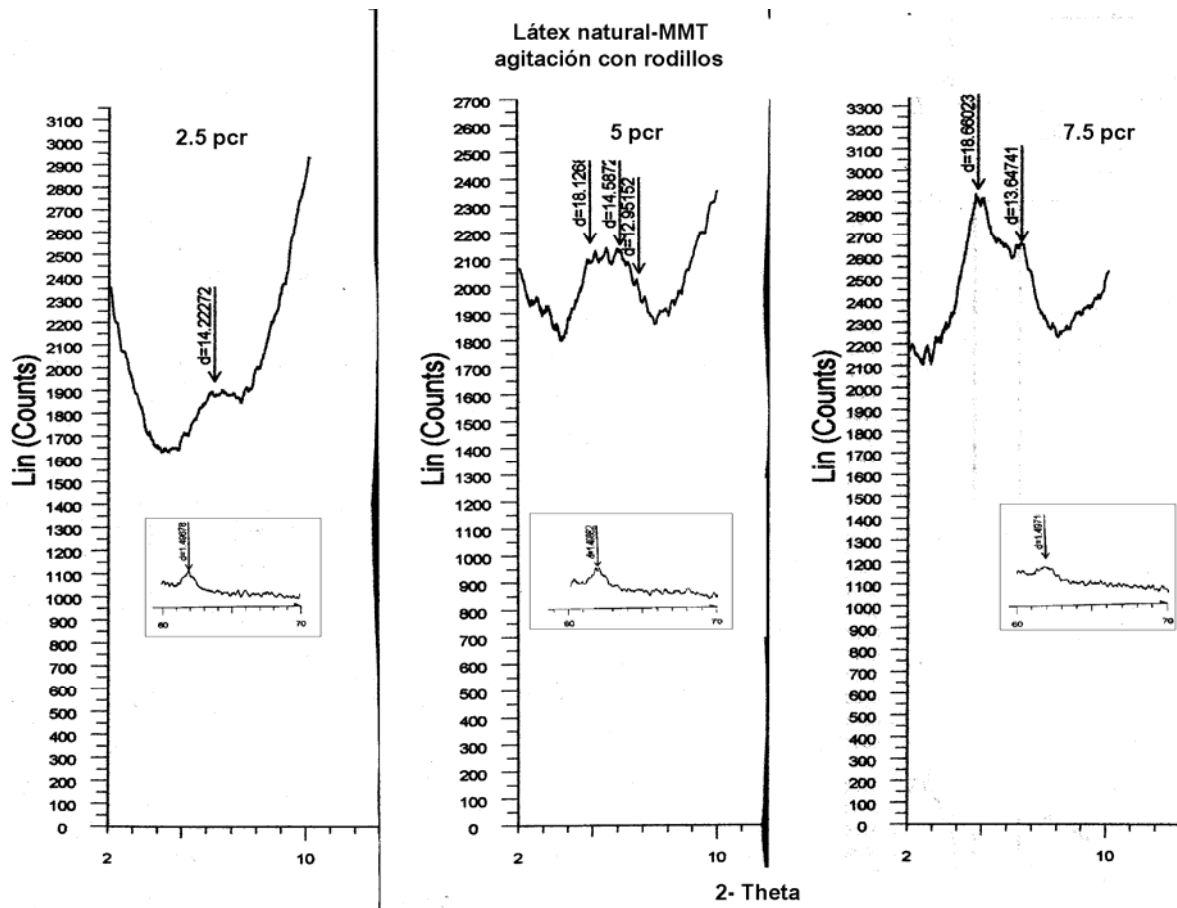


Figura 21. Látex natural-MMT agitación con rodillos (2.5, 5.0, 7.5 phr)

A las tres concentraciones presentadas se puede observar el pico atribuido al espacio interlamilar pero la distancia se ha incrementado de 12Å en la arcilla sódica a 14.2Å en el nanocompuesto a 2.5phr, indicando que la arcilla comienza a reorganizarse en su estructura apilada original pero el polímero logra mantenerse entre la galería, ya que se ha incrementado la distancia 001; esto da indicio que se obtuvo un nanocompuesto intercalado de acuerdo a su definición y el análisis de rayos X obtenido.

En las concentraciones de 5.0 y 7.5 pcr se observa más de una señal en el intervalo de 2° a 10° de 2θ indicándonos que, parte de la arcilla esta intercalada y parte aglomerada proporcionándonos un material convencional.

En las tres concentraciones se logra observar el pico entre 60° y 70° comprobando que el equipo detecta a la arcilla.

En las Figuras 22 y 23 se muestra el patrón de difracción de rayos x de nanocompuestos obtenidos mediante agitación magnética a las concentraciones de trabajo.

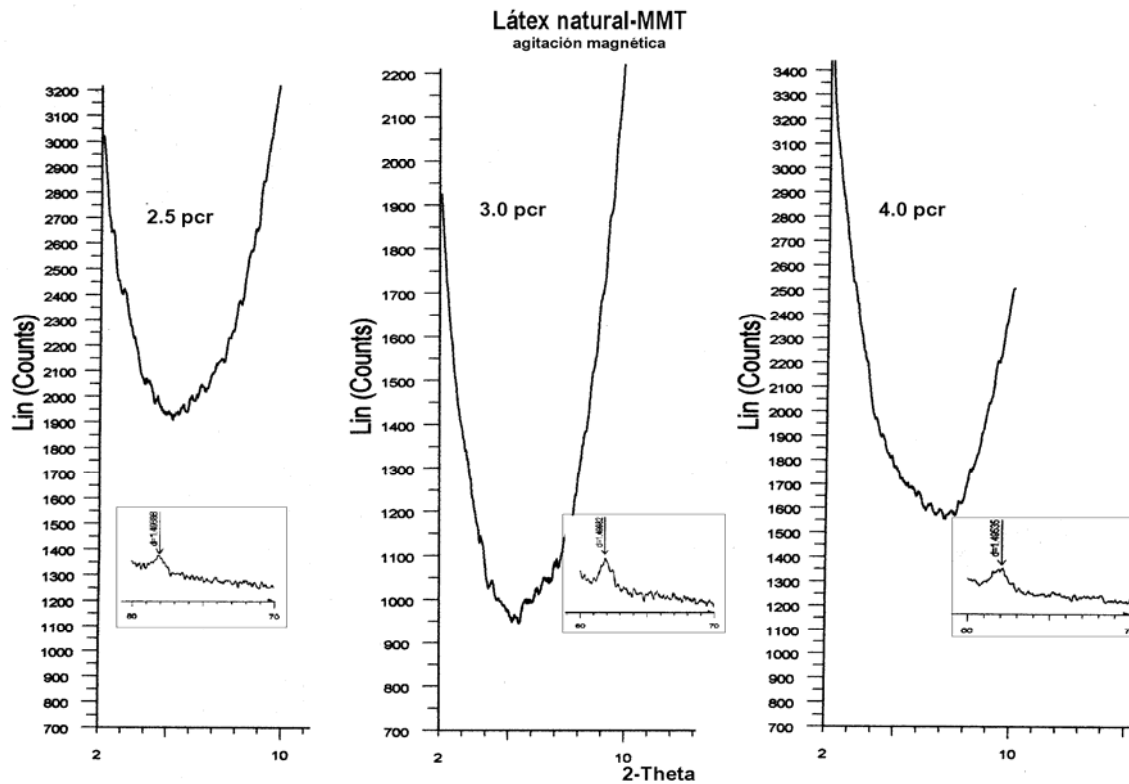


Figura 22. Látex natural-MMT agitación magnética (2.5, 3.0 y 4.0 pcr)

En todas las concentraciones (2.5, 3.0, 4.5 y 5.0 pcr) se logró mantener la arcilla exfoliada obteniendo así un nanocompuesto exfoliado, no se observa pico atribuido al plano d(001) y si se aprecia el pico que va de 60° a 70° que monitorea a la arcilla

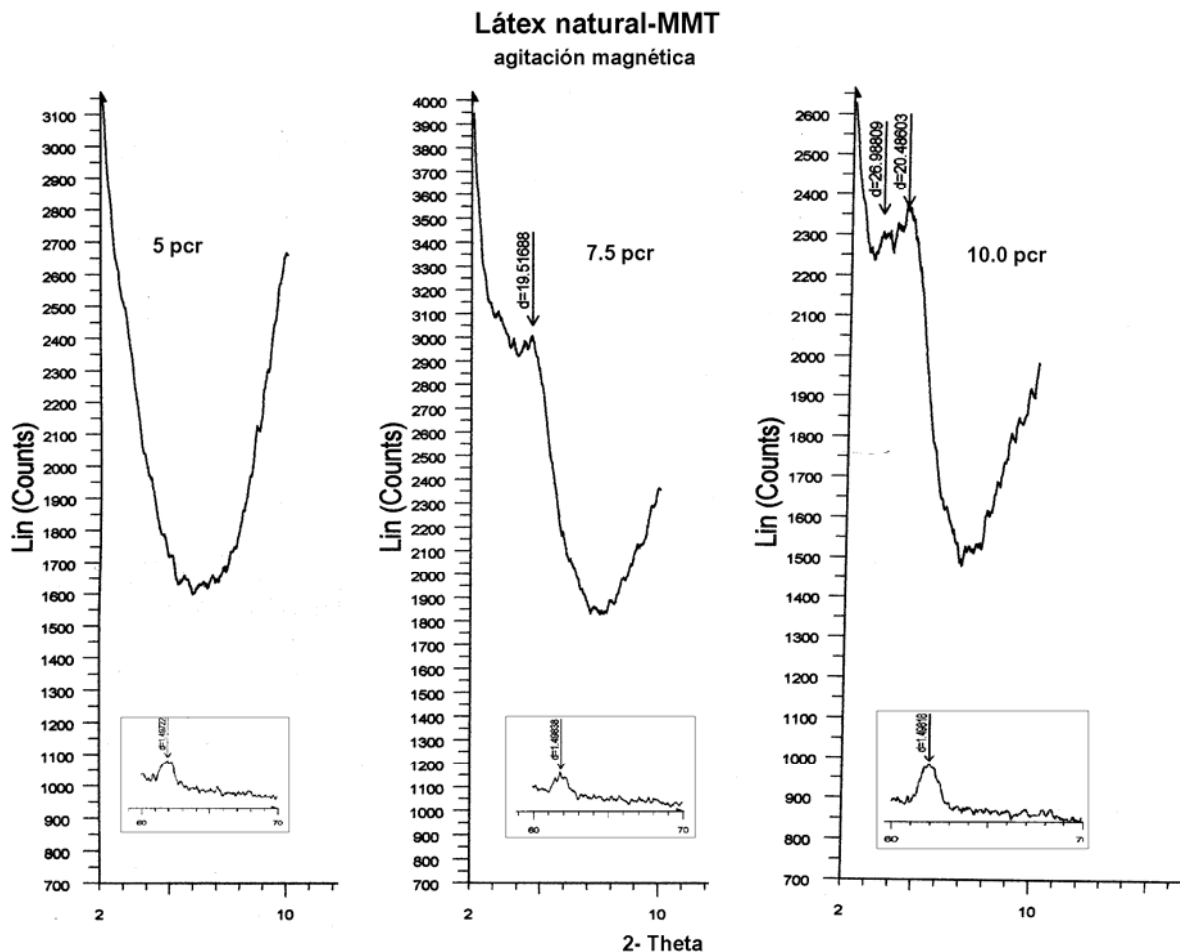


Figura 23. Látex natural-MMT agitación magnética (5.0, 7.5 y 10.0 pcr)

La Figura anterior muestra que a las concentraciones de 7.5 y 10.0 pcr la arcilla logra reorganizarse y se obtiene un nanocompuesto intercalado, En la concentración de 10pcr se observan dos picos en el rango de 2° a 7° lo que indica que parte de la arcilla no se mantuvo exfoliada sino que integró parte del látex natural entre su galería, mostrando que el espacio interlamina quedase 27Å y 20 Å.

En todas las concentraciones se encuentra presente el pico de 60° a 70°.

Los resultados obtenidos indican que con la agitación magnética se logra una mejor dispersión de la arcilla en la matriz polimérica logrando obtener nanocompuestos exfoliados en las concentraciones de hasta 5.0 pcr y nanocompuestos en los cuales la arcilla comienza a reorganizarse en su estructura cristalina original a las concentraciones de 7.5 y 10.0 pcr; mientras que con la agitación en rodillos, al contrario de lo esperado, ayuda a que la arcilla se reagrupe y se obtienen materiales convencionales en las concentraciones de 5.0, 7.5 y 10.0pcr (arcilla aglomerada).

4.5 Prueba de resistencia química

Los materiales comerciales y los nanocompuestos obtenidos fueron sometidos a una prueba de resistencia química siguiendo los lineamientos que se describen en la norma ASTM D-471; los disolventes fueron seleccionados de acuerdo a la norma ASTM D-543.

En las tablas de la literatura no se proporciona método para clasificarlos, por lo tanto se desconoce que es para unos, excelente, regular o inferior y para otros bueno, malo o no recomendado.

Los experimentos siguientes se realizaron para tener parámetros de comparación al realizar la prueba de resistencia química con los NC, adicionalmente se llevo a cabo debido a que existen discrepancias en las tablas de resistencia química de los distintos proveedores; por ejemplo:

ACETATO DE ETILO	I
ACETATO DE PROPILO	B

I: inferior; B: buena

Resistencia química proporcionada por Guia modificada de Edmont Gloves Headquarters Europe (Belgium)

Acetato de etilo	G (2)
Acetato de propilo	P (3)

G: apropiado P:insuficiente

Guía de resistencia química proporcionada por Ansell Occupational Healthcare

El estudio realizado a los productos comerciales de látex se muestra en las Tablas 5 a 14. Se lista en la primera columna cambio en longitud ($\Delta L\%$), en la segunda variación en ancho ($\Delta A\%$), en la tercera incremento en el espesor ($\Delta E\%$), seguida por el aumento en masa ($\Delta m\%$), y porcentaje de masa soluble extraíble ($m_E\%$).

Disolvente	Guante				
	Spontex hand sensi-pro 100%látex natural				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_E\%$
Acetato de etilo	17.4	20.0	22.8	41.4	2.8
Diclorometano	52.7	46.1	43.1	401.5	3.2
hexano	45.0	41.3	26.7	113.1	2.5
Étanol	0.0	2.8	11.3	1.4	0.9
Metanol	0.0	3.6	12.3	1.7	0.5
H ₂ SO ₄	7.3	3.7	91.2	103.6	
CS ₂	69.3	66.7	56.7	353.3	2.7
Tolueno	63.6	63.2	63.0	358.5	3.3
DMF	0.7	0.0	9.3	24.2	2.4
Éter	34.9	33.8	3.8	76.0	3.5

Tabla 5. Degradación Guante Spontex Sensi-pro

Disolvente	Guante				
	Spontex hand care 100%látex natural				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_E\%$
Acetato de etilo	18.1	16.9	7.3	29.0	2.5
Diclorometano	52.7	50.1	21.1	177.4	2.8
hexano	46.0	43.3	15.3	74.4	2.3
Étanol	0.0	1.4	0.8	0.6	0.8
Metanol	0.0	0.1	7.6	0.6	0.3
H ₂ SO ₄	8.8	2.8	68.7	158.7	
CS ₂	69.3	66.7	60.6	342.8	2.3
Tolueno	65.8	65.3	54.8	271.9	2.5
DMF	1.3	2.7	0.9	6.3	1.0
Éter	34.9	32.0	21.7	49.4	2.7

Tabla 6. Degradación Spontex Hand care

Disolvente	Guante				
	Vitex Satinados doble capa clase 1 tipo B				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	16.2	14.7	13.8	32.5	1.9
Diclorometano	47.7	43.2	40.5	148.1	2.2
hexano	38.3	34.7	28.6	66.5	4.5
Etanol	0.7	2.8	0.0	1.0	1.0
Metanol	0.7	0.0	4.6	1.7	0.6
H ₂ SO ₄	8.0	2.6	96.1	157.5	100.0
CS ₂	64.0	58.7	36.4	285.0	1.3
Tolueno	58.9	57.9	87.1	237.4	1.8
DMF	0.7	0.1	0.2	7.6	1.5
Eter	32.2	28.4	4.4	45.9	2.2

Tabla 7. Degradación Vitex Satinado

Disolvente	Guante				
	scotch brite guante afelpado limpieza pesada				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	18.4	17.5	14.7	49.6	2.1
Diclorometano	59.5	57.6	43.7	276.6	2.4
hexano	48.3	47.4	36.0	95.2	1.9
Etanol	0.0	0.0	1.2	0.6	0.7
Metanol	0.7	0.0	0.1	0.6	0.4
H ₂ SO ₄	8.1	1.3	8.3	150.7	xxxx
CS ₂	71.3	70.7	36.0	380.5	2.0
Tolueno	68.9	45.4	46.6	333.4	2.2
DMF	0.7	0.0	0.8	6.7	1.0
Eter	34.7	30.7	8.5	50.3	2.4

Tabla 8. Degradación Scotch Brite limpieza pesada

Disolvente	Guante				
	vileda universal latex natural puro				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	16.0	14.9	10.8	23.6	4.2
Diclorometano	47.6	44.0	35.3	168.2	1.9
hexano	41.0	34.7	31.5	65.9	3.4
Etanol	0.0	1.4	0.8	0.5	0.8
Metanol	0.7	0.0	3.9	0.7	0.5
H ₂ SO ₄	7.4	8.1	102.0	158.3	xxx
CS ₂	62.4	58.0	34.2	254.5	3.0
Tolueno	60.4	64.0	48.6	244.5	3.2
DMF	1.4	0.0	1.9	5.3	0.9
Eter	32.0	22.4	21.4	47.7	3.5

Tabla 9. Degradación Villeda Universal

Disolvente	Guante				
	Adex amarillos clase 1 tipo A				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	17.9	17.4	19.6	40.6	1.8
Diclorometano	53.3	48.0	47.5	240.0	2.2
hexano	45.7	43.4	42.9	117.2	1.5
Etanol	0.7	0.0	4.8	0.7	0.6
Metanol	0.7	1.4	-2.0	1.9	0.4
H ₂ SO ₄	6.6	8.0	94.0	139.5	100.0
CS ₂	70.0	64.0	29.2	434.5	1.6
Tolueno	68.2	64.0	63.7	315.5	1.9
DMF	2.1	2.7	0.9	6.6	0.8
Eter	34.9	32.0	3.8	76.0	3.5

Tabla 10. Degradación Adex amarillos

Disolvente	Guante				
	Vitex multiusos afelpados doble capa clase 1 tipo B				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	14.0	14.7	19.7	32.7	1.8
Diclorometano	47.7	42.5	23.0	120.7	2.3
hexano	37.4	35.7	21.6	54.3	1.7
Etanol	0.0	0.0	4.9	0.2	0.8
Metanol	0.7	1.4	3.6	0.3	0.9
H ₂ SO ₄	6.0	8.5	87.4	122.7	xxx
CS ₂	64.0	58.9	35.7	261.6	3.6
Tolueno	54.7	56.0	46.7	214.9	2.1
DMF	1.3	2.7	3.4	5.4	1.3
Eter	29.1	24.7	12.0	36.1	2.3

Tabla 11. Degradación Vitex Multiusos

Disolvente	Guante				
	Vitex refortex prevulcanizado doble capa clase1 tipoB				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	17.5	18.7	17.0	46.0	1.8
Diclorometano	49.0	50.8	41.6	220.4	2.2
hexano	46.3	42.5	32.8	103.8	1.0
Etanol	0.7	0.0	2.4	1.2	0.6
Metanol	0.7	0.0	3.8	1.8	0.1
H ₂ SO ₄	2.0	4.2	34.2	85.1	xxx
CS ₂	64.0	57.3	59.3	373.2	1.3
Tolueno	64.0	64.8	59.4	292.0	1.9
DMF	1.3	1.4	-2.5	6.5	1.1
Eter	35.3	33.8	32.0	81.5	2.2

Tabla 12. Degradación Vitex refortex

Disolvente	Guante				
	Spontex sensitive delgada capa de látex				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	15.3	14.6	15.0	31.3	2.4
Diclorometano	51.7	51.4	41.8	169.3	2.6
hexano	44.6	42.7	36.8	77.9	1.9
Etanol	0.7	0.0	2.1	0.5	0.5
Metanol	0.0	0.0	4.7	0.5	0.4
H ₂ SO ₄	4.7	5.5	115.2	175.8	
CS ₂	69.6	64.9	54.4	340.6	2.2
Tolueno	64.4	63.6	56.7	265.0	2.5
DMF	1.3	2.7	0.1	6.0	1.0
Éter	29.3	25.7	19.5	35.3	2.7

Tabla 13. Degradación Spontex Sensitive

Disolvente	Guante				
	Adex rojo				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
Acetato de etilo	18.1	16.3	18.4	50.8	1.6
Diclorometano	52.3	47.9	46.7	252.1	1.6
hexano	40.4	38.8	37.9	108.3	1.2
Etanol	0.7	0.0	10.1	0.5	0.5
Metanol	0.0	0.0	4.7	0.5	0.4
H ₂ SO ₄	2.7	4.1	74.9	105.1	
CS ₂	69.3	69.9	69.1	397.7	1.6
Tolueno	66.9	68.0	70.4	319.4	2.0
DMF	14.7	6.9	2.8	9.8	1.4
Éter	34.7	28.0	29.6	82.7	2.3

Tabla 14. Degradación Adex rojos

Se observa que existe gran variación de cambio en todas las dimensiones en especial existe un cambio significativo en todos los productos comerciales al exponerlos a Tolueno, CS₂, diclorometano y hexano y un cambio en porcentaje muy bajo al usar DMF, Metanol y etanol. Los disolventes en los que existe una menor variación son disolventes polares que penetran poco en el polímero no polar; en cambio los disolventes poco polares como el tolueno y el diclorometano logran penetrar en el polímero hinchándolo y logrando disolver parte del látex, en concordancia con “lo semejante disuelve lo semejante”. En el caso del H₂SO₄ los productos comerciales se oxidan hasta obtener una apariencia negra frágil y quebradiza.

A continuación se presenta un intervalo de variación, en otras palabras se muestra el mínimo y el máximo de variación en cada disolvente para todos los productos comerciales. Tabla 15

Disolvente	Intervalo de % de cambio promedio				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta M\%$	$\Delta M_E\%$
Acetato de etilo	14-18.3	14.5-20	7.2-22.7	29.01-50.	1.5-4.2
Dicloro- metano	47-59.4	42-57.5	23-47.4	120-401	1.6-3.2
hexano	37.3-48	34.6-47	15.3-42	54.3-117	1.0-4.4
Etanol	0-0.7	0-4.92	0-11.28	0.15-1.4	0.5-.82
Metanol	0-1.39	0-1.39	0.14-12	0.34-1.8	0.1-0.8
H ₂ SO ₄	2-8.9	1.33-8.4	8.29-90	100-120	xxxxx
CS ₂	62.4-71	57.3-70	29-70	250-400	1.3-3.6
Tolueno	54.6-68	45.3-68	46.5-87	200-400	1.4-2.9
DMF	0.65-2.2	0-5	0.8-7.75	6.25-15	0.95-3
Éter	29.1-35	22.4-33	3.2-29.9	36-82	2.2-3.5

Tabla 15. Intervalo de % de cambio promedio para productos comerciales

En los resultados de la tabla 15 se observa un cambio en las longitudes debido a que el polímero absorbe disolvente (se hincha); este cambio en las dimensiones es mucho mayor al utilizar disulfuro de carbono, tolueno, diclorometano en todos los productos comerciales estudiados; se observa mayor disolución del polímero en diclorometano y muy poco porcentaje de cambio al probarlos con alcoholes y DMF. Cabe señalar que todos los productos probados son base de látex natural.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los NC sometidos a la prueba de resistencia química frente a los diferentes disolventes.(tablas 16 a 21)

MMT (pcr)	Diclorometano				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_E\%$
0.0	////	////	////	1068.0	4.6
1.0	140.0	113.8	190.0	858.8	4.4
2.5	121.3	89.0	91.1	960.1	3.8
3.0	104.0	88.0	165.0	841.1	2.6
4.0	97.5	88.3	90.3	839.9	3.2
5.0	94.6	88.0	75.2	839.8	2.5
7.5	78.7	58.7	67.7	601.4	1.6
10.0	54.7	40.3	46.6	439.2	1.6

Tabla 16. Efecto de diclorometano sobre nanocompuestos de látex

MMT (pcr)	Etanol				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_E\%$
0.0	0.0	1.4	1.0	0.5	0.6
1.0	0.7	0.0	0.0	0.8	0.6
2.5	0.0	1.4	0.0	0.8	0.7
3.0	0.0	0.0	3.0	0.5	0.6
4.0	0.7	0.0	0.7	0.8	0.6
5.0	0.5	1.4	0.7	0.4	0.5
7.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5
10.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.5

Tabla 17. Efecto de etanol sobre nanocompuestos de látex

MMT (pcr)	Disulfuro de carbono				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
0.0	128.2	136.0	108.3	1400.0	4.6
1.0	122.3	125.2	100.6	1386.0	3.0
2.5	109.4	122.3	97.7	1369.0	3.7
3.0	108.0	119.0	96.0	1244.3	2.8
4.0	104.8	114.8	93.9	1286.0	2.6
5.0	103.0	111.1	90.3	1282.9	2.6
7.5	93.3	109.4	87.1	1276.8	2.8
10.0	90.3	93.9	85.2	1011.0	1.9

Tabla 18. Efecto de CS₂ sobre nanocompuestos de látex

MMT (pcr)	Tolueno				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
0.0	150.3	117.1	195.0	885.5	2.2
1.0	140.0	112.0	173.0	840.0	2.1
2.5	120.8	108.0	141.0	952.4	2
3.0	106.0	105.3	127.0	952.9	2
4.0	102.7	97.3	110.0	920.0	1.9
5.0	106.0	96.0	99.0	808.2	1.9
7.5	98.6	77.3	85.4	757.6	1.7
10.0	56.0	28.4	80.0	445.9	1.5

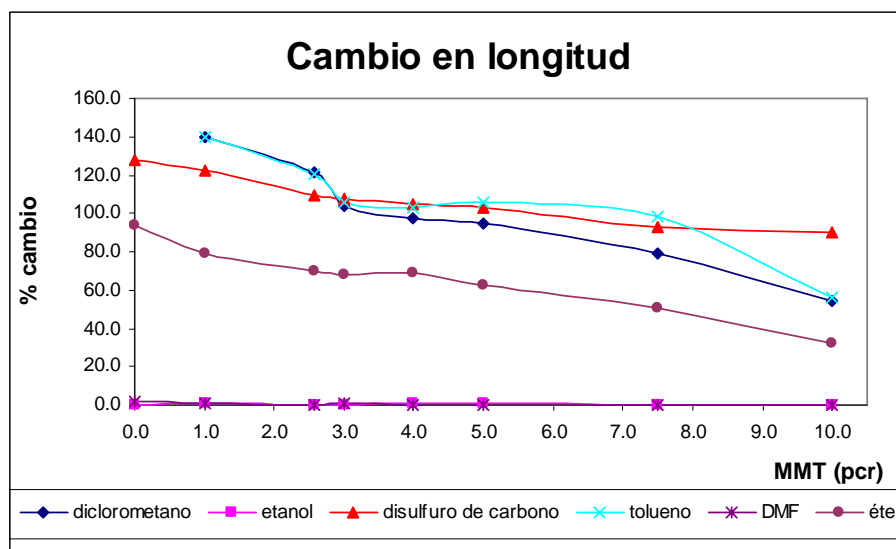
Tabla 19. Efecto de Tolueno sobre nanocompuestos de látex

MMT (pcr)	DMF				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
0.0	2.0	0.0	2.0	2.0	0.7
1.0	0.7	1.4	3.1	3.2	0.8
2.5	0.0	1.3	0.0	3.4	0.7
3.0	0.9	1.5	1.8	5.1	1.5
4.0	0.0	1.3	1.1	3.7	1.0
5.0	0.0	0.0	0.9	4.4	1.0
7.5	0.0	1.4	1.2	4.7	1.0
10.0	0.0	1.0	0.9	3.4	0.8

Tabla 20. Efecto de DMF sobre nanocompuestos de látex

MMT (pcr)	Éter				
	$\Delta L\%$	$\Delta A\%$	$\Delta E\%$	$\Delta m\%$	$\Delta m_{E\%}$
0.0	93.9	72.0	82.0	400.0	3.9
1.0	79.0	67.0	73.0	380.0	3.6
2.5	69.8	65.3	56.6	306.6	3.4
3.0	68.0	65.0	51.0	278.7	3.4
4.0	69.0	63.0	39.0	280.0	3.2
5.0	62.9	57.9	36.2	260.5	3.0
7.5	51.0	38.7	28.0	282.9	2.6
10.0	31.9	14.5	20.2	182.9	2.0

Tabla 21. Efecto de éter sobre nanocompuestos de látex



Gráfica 1. Resistencia química cambio en longitud para nanocompuestos

En la gráfica anterior se puede observar que el porcentaje de cambio en longitud disminuye conforme aumenta la concentración de arcilla indicándonos que el material nanocompuesto absorbe menor cantidad de disolvente. Por ejemplo el cambio baja drásticamente desde un 150% de cambio a la concentración de 1.0 pcr hasta solo 50% en diclorometano a la concentración de 10 pcr. Cabe resaltar que a 0.0 pcr el material pierde total estabilidad, por lo cual no se registra en la gráfica, y sólo se logra recuperar una masa amorfa gelatinosa en diclorometano. En la Figura 24 se logra observar como el material a 0 pcr de MMT se adelgaza demasiado a tal grado de transparentarse en cambio a tan solo 10.0 pcr se mantiene la forma rectangular inicial. La adición de MMT proporciona mayor resistencia en el material.

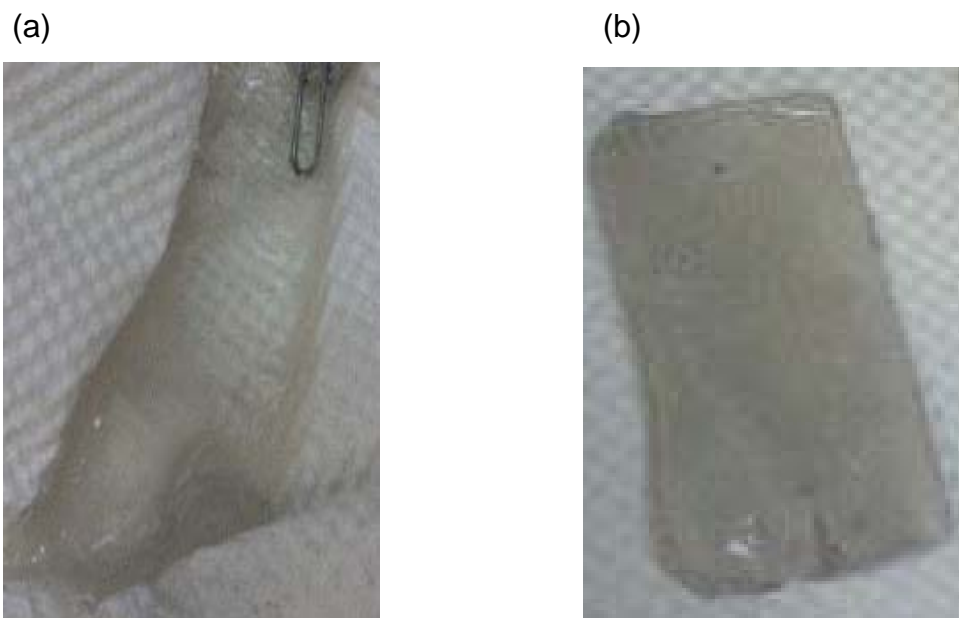
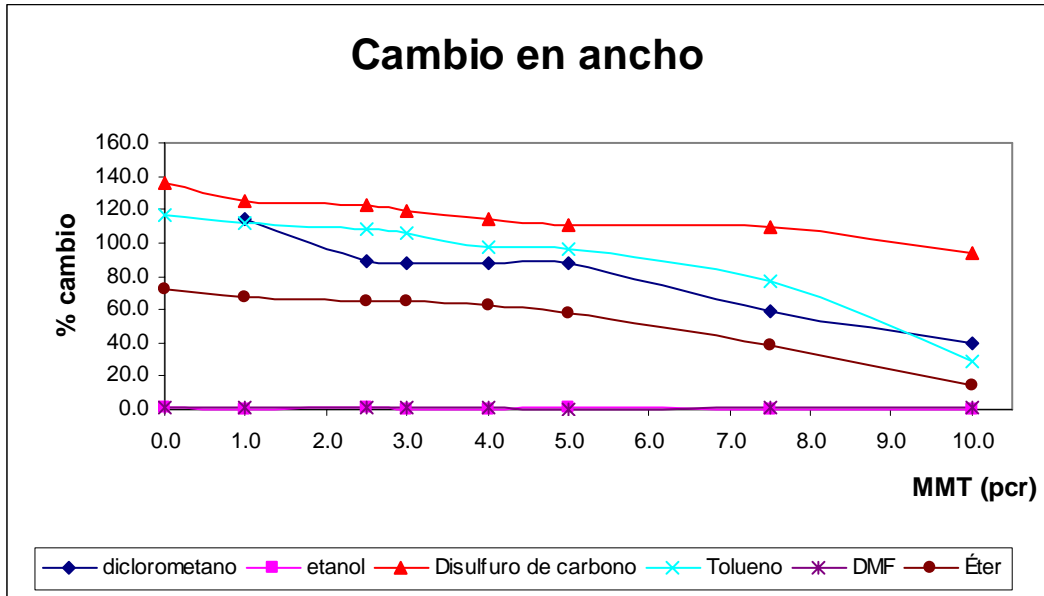
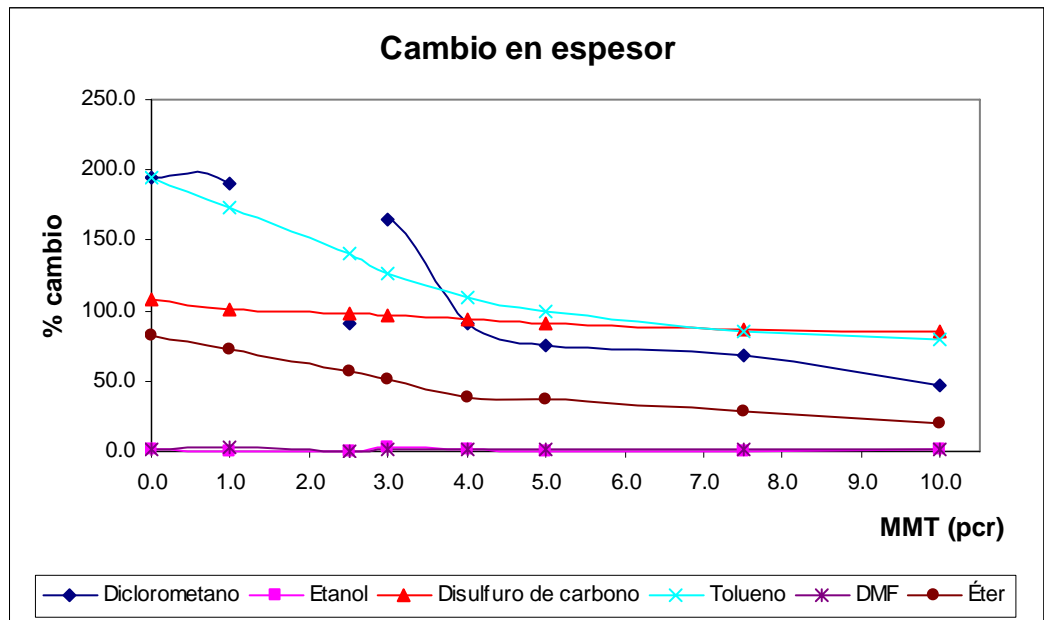


Figura 24. Efecto del diclorometano sobre nanocompuestos (a) 0 pcr (b) 10.0 pcr

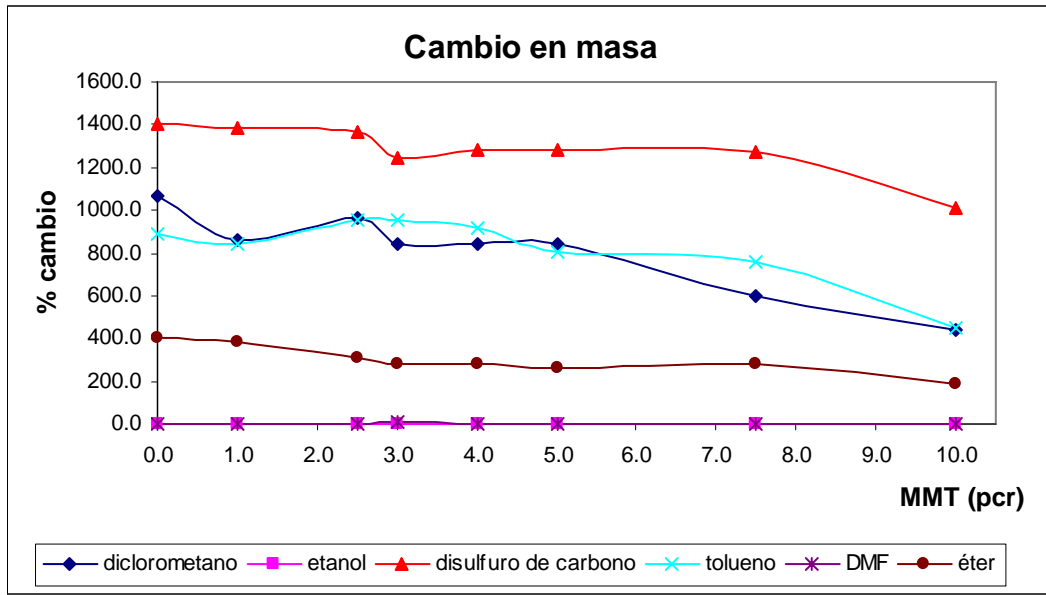
A continuación se presentan las gráficas correspondientes al cambio de dimensiones (en ancho, cambio en espesor, cambio en masa y porcentaje de masa soluble extraíble para todos los disolventes y concentraciones trabajadas).



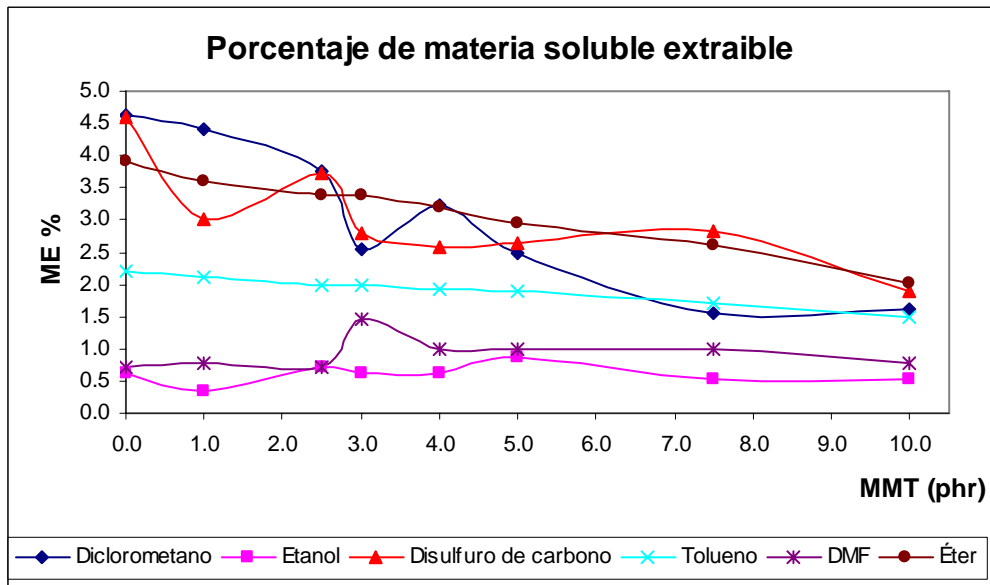
Gráfica 2. Resistencia química cambio en ancho para nanocompuestos



Gráfica 3. Resistencia química cambio en espesor para nanocompuestos



Gráfica 4. Resistencia química cambio en masa para nanocompuestos



Gráfica 5. Resistencia química porcentaje de masa extraíble para nanocompuestos

Se puede observar que los cambios encontrados en los tres parámetros al utilizar como disolventes etanol y DMF son insignificantes probando que el látex natural es un buen material al manejar estos disolventes. Adicionalmente se observa que la adición de la arcilla evita la disolución del polímero conforme la concentración de ésta aumenta (gráfica 5), debido a que la arcilla actúa como barrera física de acuerdo “al modelo de camino tortuoso”.

En general, la adición del material nanoestructurado a la matriz polimérica Látex decrece el porcentaje de cambio en todos lo parámetros estudiados, observándose menor hinchamiento en las películas y mayor resistencia química.

Con el incremento en la concentración de la arcilla, las películas sufren una menor degradación y absorben menor cantidad de disolvente (grafica masa).

Las concentraciones de 7.5 y 10.0 pcr presentan el menor cambio en dimensiones. Estas concentraciones presentan, en la mayoría de los casos, menor porcentaje de masa soluble extraíble indicándonos que el material se disuelve menos, incluso menos que los productos comerciales. Figura 25

(a)



(b)



Figura 25. Efecto de tolueno sobre nanocompuestos látex natural (a)0.0pcr MMT (b)7.5 (izq) y 10.0pcr (der)

Disulfuro de Carbono, tolueno, éter y diclorometano son los disolventes mas agresivos, sin embargo la adición de pequeñas cantidades de arcilla laminar nanoestructurada (7.5 y 10.0 pcr), en general, produce menor degradación en los materiales no vulcanizados utilizados en este trabajo que la observada en los productos comerciales (se muestra un ejemplo en la tabla 22)

Masa soluble extraíble (mE%)						
MMT (pcr)	Diclorometano	Etanol	CS ₂	Tolueno	DMF	Éter
guante vitex prevulcanizado	2.2	0.6	1.9	1.9	1.1	2.2
0.0	4.6	0.6	4.6	2.2	0.7	3.9
1.0	4.4	0.3	3.0	2.1	0.8	3.6
2.5	3.8	0.7	3.7	2.0	0.7	3.4
3.0	2.6	0.6	2.8	2.0	1.5	3.4
4.0	3.2	0.6	2.6	1.9	1.0	3.2
5.0	2.5	0.9	2.6	1.9	1.0	3.0
7.5	1.6	0.5	2.8	1.7	1.0	2.6
10.0	1.6	0.5	1.9	1.5	0.8	2.0

Tabla 22. Masa soluble extraíble para producto comercial y nanocompuestos

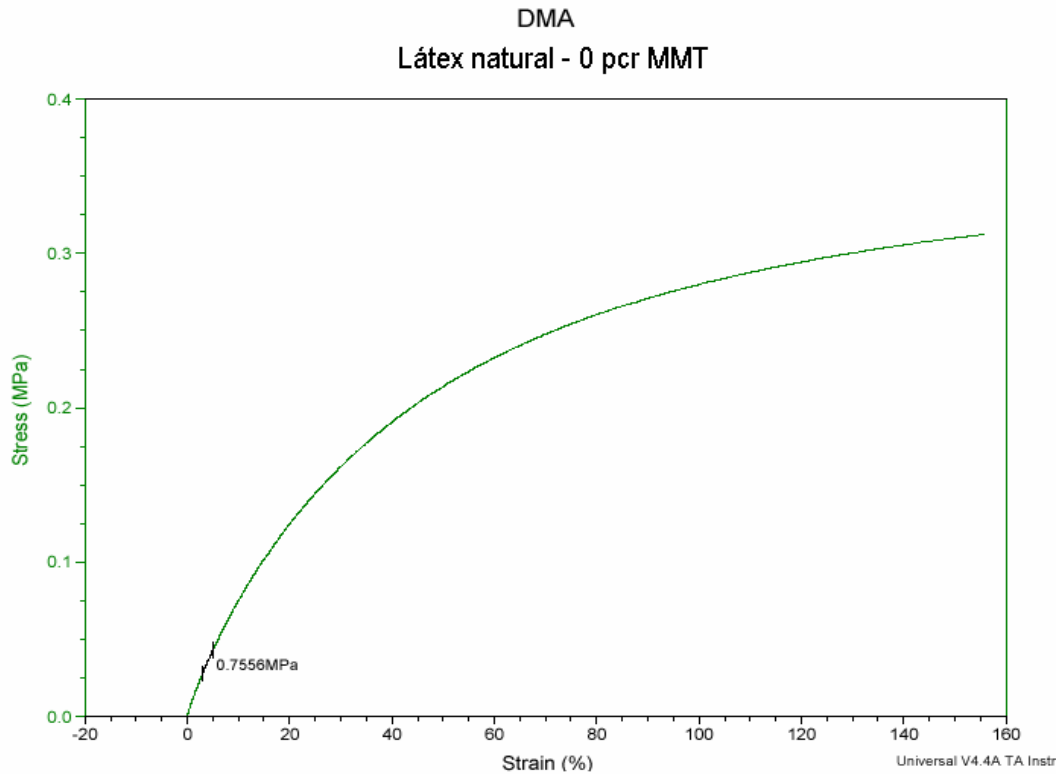
A las concentraciones de 7.5 y 10.0pcr se produce menor degradación. Cabe resaltar que los productos comerciales se encuentran vulcanizados y reforzados y los materiales obtenidos sólo han sido adicionados con pequeñas cantidades de arcilla haciendo aún más interesantes los resultados obtenidos.

Con los resultados obtenidos se puede decir que la arcilla permaneció exfoliada y se distribuyó homogéneamente en el polímero, reduciendo considerablemente el paso de los disolventes a través de las películas.

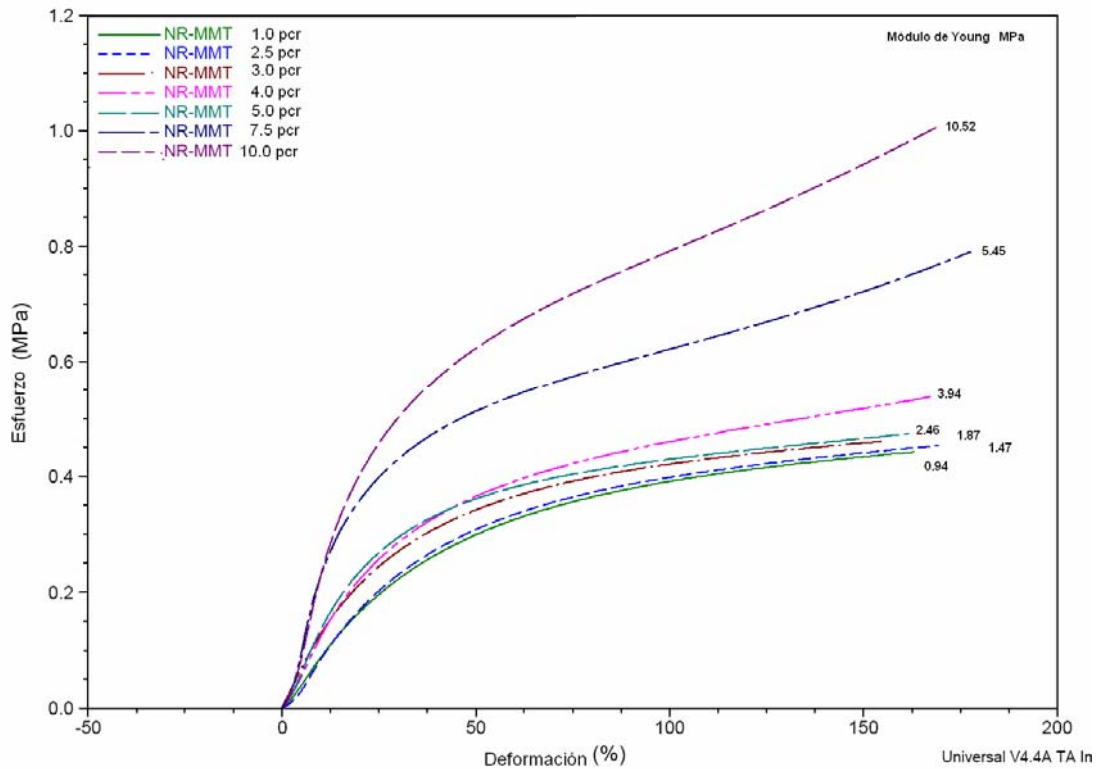
Con la adición de, tan sólo 10.0 pcr de arcilla se logra obtener una resistencia química comparable con la obtenida en los productos comerciales ya formulados y vulcanizados.

4.6 Propiedades Mecánicas

En las gráficas 6 y 7 se encuentran los resultados de la curva esfuerzo- deformación del polímero virgen y los NC respectivamente, observándose que las propiedades mecánicas de los NC superan las observadas en el látex natural; y a medida que la concentración de arcilla aumenta el incremento es mayor.

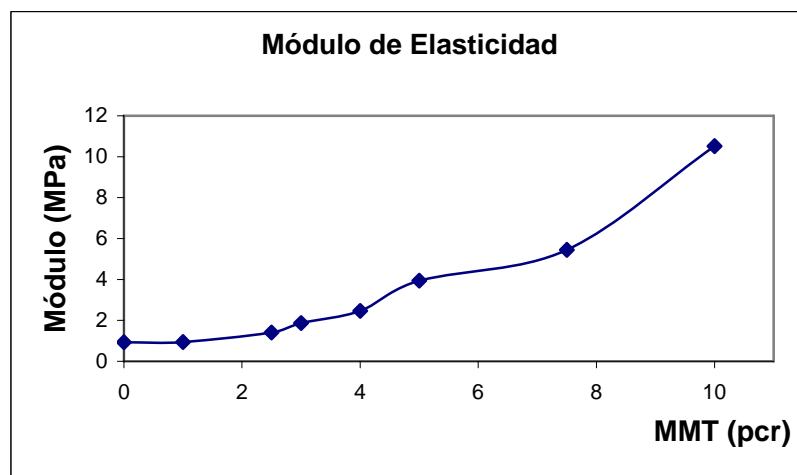


Gráfica 6. Esfuerzo – deformación Látex natural Suministros de Especialidades 0 pcr MMT



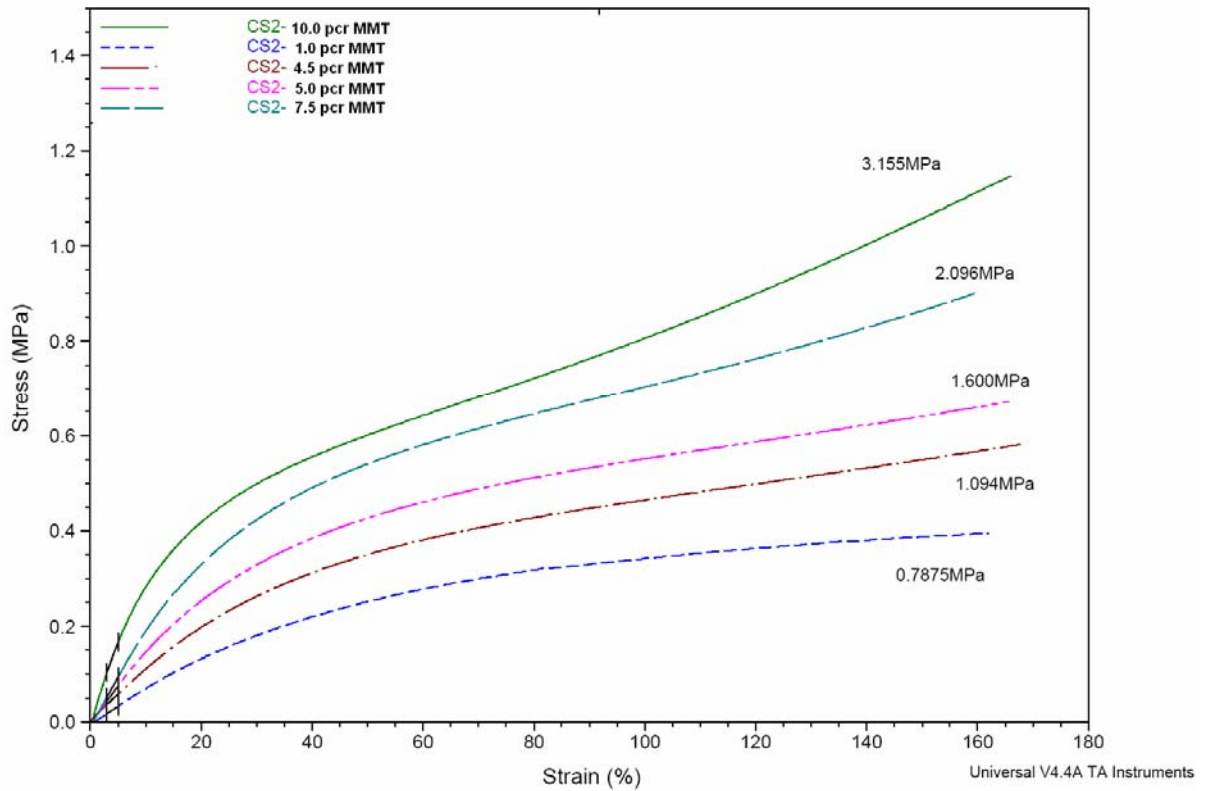
Gráfica 7. Esfuerzo-deformación NC de látex natural
Se indica el módulo de Young en cada una

A continuación se presenta el módulo de Young para los NC y el polímero virgen observando un gran incremento en el módulo en los NC a medida que la concentración de arcilla aumenta.



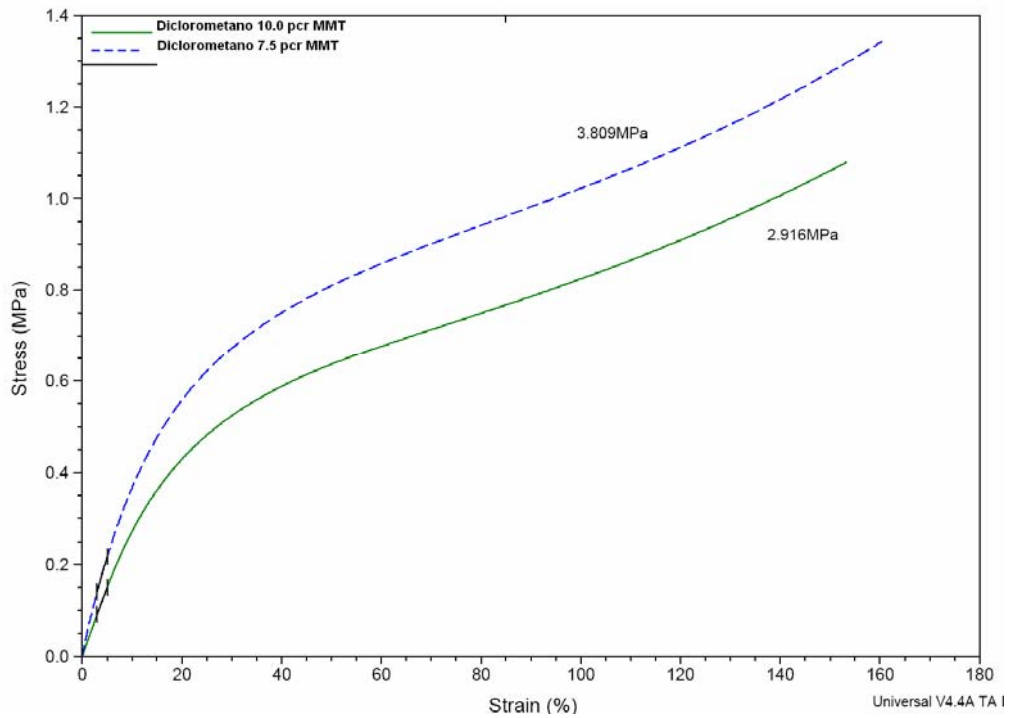
Gráfica 8. Módulo de Young, nanocompuestos de látex natural

En las siguientes gráficas se muestran las curvas esfuerzo deformación para los NC obtenidos y su respectivo módulo de Young (MPa) después de exponerlos a los diferentes disolventes.

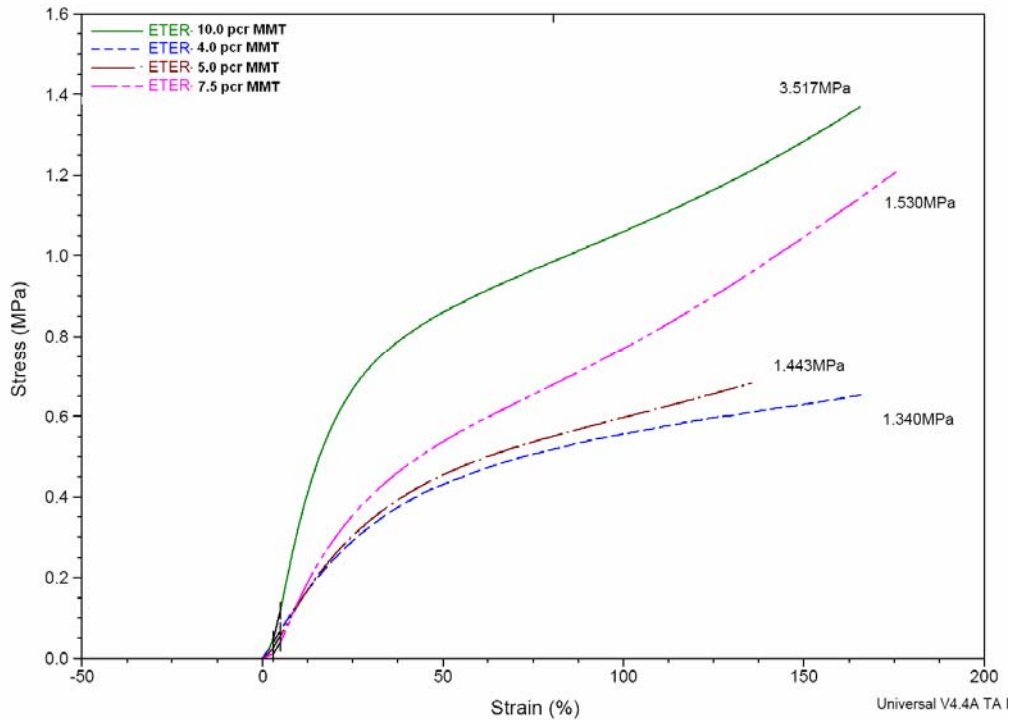


Gráfica 9. Esfuerzo – deformación Látex – MMT después de la inmersión en CS₂. Se indica el módulo de Young en cada una

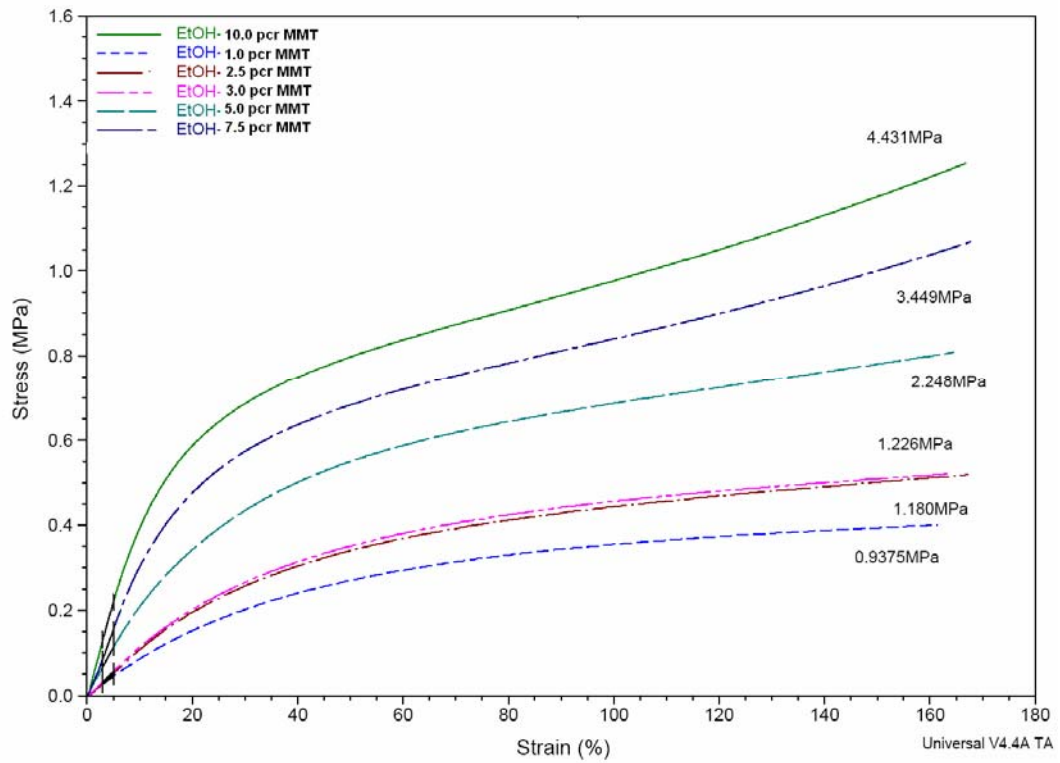
En la gráfica 10 sólo se presentan las concentraciones de 7.5 y 10.0 pcr debido a que a concentraciones mas bajas el polímero se degrada y no es posible obtener una muestra después de la exposición a diclorometano para realizar la prueba.



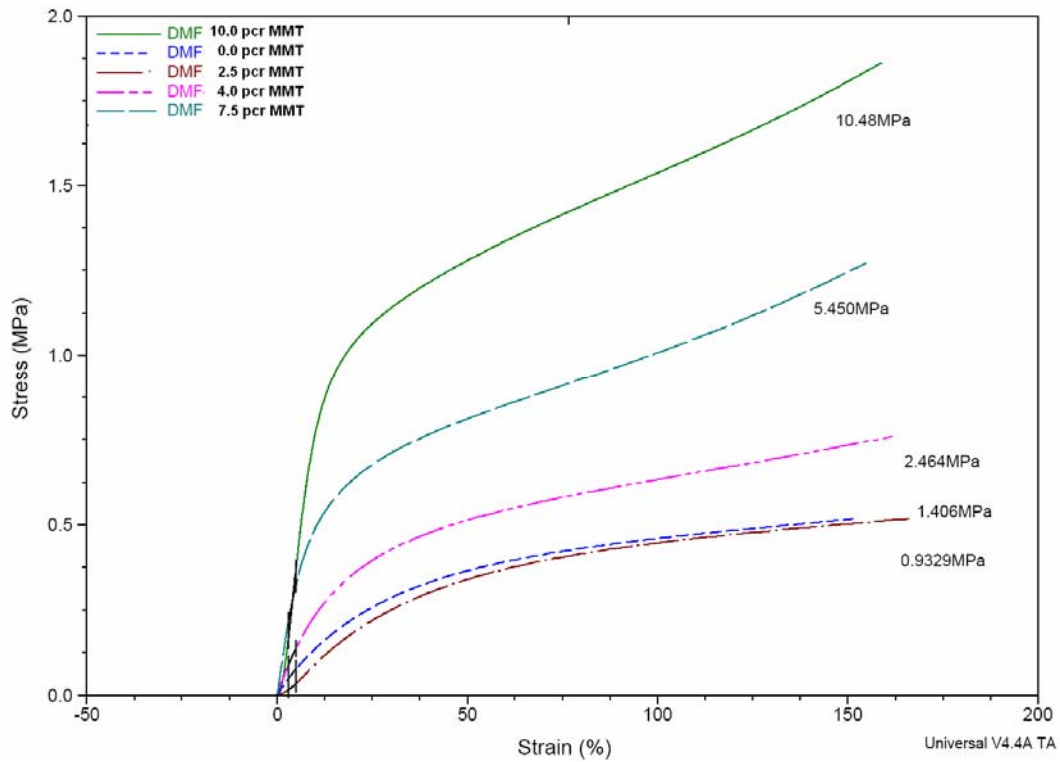
Gráfica 10. Esfuerzo – deformación Látex – MMT después de la inmersión en Diclorometano. Se indica el módulo de Young en cada una



Gráfica 11. Esfuerzo – deformación Látex – MMT después de la inmersión en Éter. Se indica el módulo de Young en cada una



Gráfica 13. Esfuerzo – deformación Látex – MMT después de la inmersión en Etanol. Se indica el módulo de Young en cada una



Gráfica 14. Esfuerzo – deformación Látex – MMT después de la inmersión en DMF. Se indica el módulo de Young en cada una

El módulo de Young crece a medida que se aumenta la concentración de MMT obteniendo módulos mayores a las concentraciones de 7.5 pcr y 10.0 pcr. Este incremento se mantiene antes y después de la inmersión en disolventes.

Al existir gran degradación en el polímero virgen después de ser expuesto a los diferentes disolventes a concentraciones de arcilla bajas no se realizó el análisis mecánico (--- en tabla 23). Exceptuando al exponerse con DMF y Etanol.

Adicionalmente se observa que el módulo decrece en los materiales obtenidos al ser expuestos a los diferentes disolventes; en especial se observa un decremento en el módulo frente a disolventes no polares como el CS₂, diclorometano, tolueno y éter, (haciendo imposible la medición del módulo a concentraciones bajas de arcilla).

El menor cambio se observa frente a DMF y etanol; el módulo permanece sin gran variación. Por lo tanto los disolventes con gran afinidad al Látex natural reducen los valores del módulo de elasticidad.

MMT (pcr)	Módulo de Young (MPa)					
	Inicial	Después de la inmersión				
		CS ₂	Diclorometano	Éter	Etanol	DMF
0.0	0.93	----	-----	----	0.93	0.93
1.0	0.94	----	-----	----	0.94	0.94
2.5	1.41	----	-----	----	1.18	1.40
3.0	1.87	----	-----	----	1.22	1.86
4.0	2.46	1.09	-----	1.34	1.93	2.46
5.0	3.94	1.60	-----	1.44	2.25	3.92
7.5	5.45	2.96	2.91	1.53	3.45	5.45
10.0	10.52	3.15	3.81	3.52	4.43	10.48

Tabla 23. Cambio en el Módulo de Young de los nanocompuestos antes y después de la inmersión en disolventes.(---- no se logró obtener muestra para su análisis en esas concentraciones)

Con base en los resultados de resistencia química y propiedades mecánicas, el material nanocompuesto de látex natural a la concentración de 10 pcr se puede catalogar de acuerdo a su comportamiento frente a los diferentes disolventes estudiados como:

Disolvente	Material Caucho natural	Observaciones
Etanol	Excelente	EL disolvente produce un efecto mínimo de degradación, se observa muy poco porcentaje de cambio en las dimensiones después de la inmersión
Dimetilformamida	Excelente	EL disolvente produce un efecto mínimo de degradación, se observa muy poco porcentaje de cambio en las dimensiones después de la inmersión
Cloruro de metileno	Malo	El efecto de degradación es grande, el material se hincha demasiado. El porcentaje de cambio en los parámetros estudiados es mayor al 50%
Disulfuro de carbono	Malo	El efecto de degradación es grande, el material se hincha demasiado. El porcentaje de cambio en los parámetros estudiados es mayor al 50%
Éter etílico	Inferior o Pobre	El disolvente produce un efecto importante de degradación, EL porcentaje de cambio en los parámetros estudiados des de alrededor del 35%
Tolueno	Malo	El efecto de degradación es grande, el material se hincha demasiado. El porcentaje de cambio es mayor al 50%

4.7 Comparación entre NC y materiales con carga mineral

Se prepararon películas con carga mineral micrométrica (BaSO_4) siguiendo el mismo procedimiento que las películas de NC con MMT.

Se realizaron las pruebas de degradación frente a los disolventes tolueno, diclorometano y éter en materiales con carga mineral de sulfato de bario micrométrico para su comparación frente a los materiales nancompuestos obteniéndose los siguientes resultados:

Tolueno										
pcr	$\Delta L\%$		$\Delta A\%$		$\Delta E\%$		$\Delta m\%$		$m_E\%$	
	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4
1.0	140.0	141.0	112.0	124.0	173.0	180.3	840.0	927.5	2.1	2.3
3.0	106.0	115.7	105.3	120.0	127.0	167.9	952.9	878.4	2.0	2.2
7.5	98.6	110.0	77.3	115.4	85.4	158.6	757.6	855.1	1.7	1.9
10.0	56.0	117.0	28.4	114.0	80.0	125.4	445.9	917.6	1.5	2.1

Tabla 24. Comparación entre MMT nanoestructurada y BaSO_4 micrométrico, expuestos a tolueno

Diclorometano										
pcr	$\Delta L\%$		$\Delta A\%$		$\Delta E\%$		$\Delta m\%$		$m_E\%$	
	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4	MMT	BaSO_4
1.0	140.0	144.9	113.8	140.0	190.0	195.6	858.8	1209.5	4.4	3.8
3.0	104.0	120.0	88.0	130.0	165.0	150.3	841.1	994.4	2.6	3.0
7.5	78.7	122.0	58.7	122.3	67.7	90.5	601.4	967.5	1.6	2.7
10.0	54.7	120.0	40.3	108.3	46.6	89.3	439.2	1103.1	1.6	3.2

Tabla 25. Comparación entre MMT nanoestructurada y BaSO₄ micrométrico, expuestos a diclorometano

Éter										
pcr	ΔL%		ΔA%		ΔE%		Δm%		m _E %	
	MMT	BaSO ₄	MMT	BaSO ₄	MMT	BaSO ₄	MMT	BaSO ₄	MMT	BaSO ₄
1.0	79.0	82.3	73.0	88.0	73.0	91.3	380.0	389.3	3.6	4.0
3.0	68.0	78.2	51.0	79.2	51.0	88.6	278.7	346.6	3.4	3.5
7.5	51.0	80.0	28.0	84.7	28.0	74.1	282.9	280.4	2.6	3.1
10.0	31.9	76.0	20.2	88.0	20.2	60.3	182.9	257.3	2.0	3.1

Tabla 26. Comparación entre MMT nanoestructurada y BaSO₄ micrométrico, expuestos a éter

Las tablas anteriores muestran que los NC presentan menor porcentaje de cambio en todas las dimensiones y concentraciones que los obtenidos en materiales con carga mineral. Esto indica que los NC obtenidos con arcilla nanoestructurada presentan mayor resistencia química y por tanto menor degradación y no es sólo el efecto de una simple carga mineral.

Si se observa el NC de 10pcr, puede constatarse una resistencia al hinchamiento considerable con respecto a la carga mineral micrométrica.

10pcr expuesto a Tolueno		
MMT	BaSO ₄	Parámetro estudiado
56	117	ΔL%
28	114	ΔA%
80	125	ΔE%
1.5	2.1	m _E %

10pcr expuesto a Diclorometano		
MMT	BaSO ₄	Parámetro estudiado
54.7	120	ΔL%
40.3	108.3	ΔA%
46.6	89.3	ΔE%
1.6	3.2	m _E %

Tabla 27. MMT vs BaSO₄ micro 10pcr, tolueno Tabla 28. MMT vs BaSO₄ micro 10pcr, diclorometano

10pcr expuesto a Éter		
MMT	BaSO ₄	Parámetro estudiado
31.9	76	ΔL%
20.2	88	ΔA%
20.2	60.3	ΔE%
2	3.1	m _E %

Tabla 29. MMT vs BaSO₄ micro 10pcr, éter

Adicionalmente se observa que el porcentaje de cambio producido por el BaSO₄ micrométrico es independiente de su concentración, mientras que al aumentar la concentración de arcilla en NC el porcentaje de cambio sufrido por el material disminuye sustancialmente en magnitudes de 1 a 10pcr.

5. CONCLUSIONES

Al caracterizar la materia prima se decidió trabajar con el *Látex de Suministros de Especialidades* debido a que la arcilla se puede incorporar de una manera más eficiente favoreciendo la obtención de nanocompuestos. No se encuentra vulcanizado y los aditivos con los que cuenta permiten la homogenización de la arcilla en el látex.

En la preparación de los nanocompuestos se comprobó, mediante XDR, que el mezclado magnético mantiene la exfoliación de la arcilla, lo que ayudó a la dispersión homogénea de ésta en la matriz polimérica.

Se obtuvieron nanocompuestos exfoliados a las concentraciones de 1.0, 2.5, 3.0, 4.0 y 5.0 pcr y nanocompuestos en los cuales la arcilla comienza a reorganizarse en tactoides a concentraciones mayores (7.5 y 10.0 pcr), dando inicio a la obtención de nanocompuestos intercalados o hidratados.

Se llevó a cabo la prueba de resistencia química para productos comerciales y nanocompuestos obtenidos siguiendo los procedimientos y condiciones de las normas ASTM D-471 y ASTM D-543. En general, la adición del material nanoestructurado a la matriz polimérica Látex decrece el porcentaje de cambio en todos los parámetros estudiados, observándose menor hinchamiento y mayor resistencia química en las películas.

Con el incremento en la concentración de la arcilla, las películas sufren una menor degradación y absorben menor cantidad de disolvente.

Las concentraciones de 7.5 y 10.0 pcr fueron las óptimas ya que presentan el menor cambio en dimensiones y menor porcentaje de masa soluble extraíble indicándonos que el material se disuelve menos, incluso menos que los productos comerciales.

Con el método utilizado en este trabajo los valores que se proponen para, Excelente (E), Bueno (B), Regular (R), Inferior o pobre (I) y Malo o no recomendado son:

- Excelente (E): el disolvente produce un efecto mínimo de degradación (poco porcentaje de cambio entre las dimensiones iniciales y finales del material) menor al 5% material muy apropiado para la utilización con los productos químicos probados
- Bueno (B): el disolvente tiene poco efecto de degradación; material apropiado para la utilización con los disolventes probados. Porcentaje de cambio entre el y 15%
- Regular (R): el disolvente tiene un efecto moderado de degradación: material apropiado para la utilización de los disolventes probados si se controla cuidadosamente. Porcentaje de cambio entre el 15 y 30%
- Inferior o pobre (I): el disolvente un efecto importante de degradación: Material no apto para la utilización con los productos químicos probados. Porcentaje de cambio entre 30 y 50%
- Malo o no recomendado (M): El efecto de degradación es grande y no se recomienda el uso de este material con los disolventes probados. No utilizar este material para su uso con los disolventes probados. El porcentaje de cambio es mayor al 50%

Los productos comerciales probados y los NC obtenidos no son adecuados para el trabajo con disulfuro de carbono, tolueno, diclorometano, hexano, éter y H₂SO₄ (95%) ya que presentan grandes variaciones en los parámetros estudiados, cambio en longitud ($\Delta L\%$), variación en ancho ($\Delta A\%$), incremento en el espesor ($\Delta E\%$), aumento en masa ($\Delta M\%$), y porcentaje de masa soluble extraíble ($M_E\%$)

La recomendación de uso para los NC de látex (10 pcr) obtenidos en este trabajo es la siguiente:

Disolvente	Material Caucho natural
Etanol	Excelente
Dimetilformamida	Excelente
Cloruro de metileno	Malo
Disulfuro de carbono	Malo
Éter etílico	Inferior o Pobre
Tolueno	Malo

En el análisis mecánico los valores del módulo antes de la inmersión aumentan conforme aumenta la concentración de arcilla. Los NC obtenidos presentan mayores valores de módulo que el látex virgen.

Después de la exposición a los disolventes el módulo de elasticidad disminuye en todas las muestras probadas. En especial se observa un decremento en el módulo al ser expuestos a disolventes no polares y el módulo permanece sin gran variación al exponerse con DMF.

Los NC presentan menor porcentaje de cambio en todas las dimensiones y concentraciones que los obtenidos con materiales con carga mineral. Esto indica que los NC obtenidos con arcilla nanoestructurada presentan mayor resistencia química y por tanto menor degradación y no es sólo el efecto de una simple carga mineral.

La adición de MMT para la formación de nanocompuestos favorece la estabilidad del material y reduce sustancialmente la degradación por acción de disolventes, incluso a concentraciones bajas.

El látex virgen, en los disolventes no polares después de la inmersión, se hincha demasiado hasta formar un gel amorfo. En cambio sólo se requiere 1.0 pcr de MMT para que el material conserve su forma.

El uso de nanocompuestos tiene la ventaja de usar bajas cantidades del material nanoestructurado para mejorar la resistencia y propiedades mecánicas en comparación con otros aditivos como el negro de humo que se necesitan alrededor de 40 pcr para mostrar propiedades similares.

6. REFERENCIAS

- ¹ Endicott, K The Trembling Edge of Science. Dartmouth Alumni Magazine April 1998:22-31. <http://www.udel.edu/OHS/dartmouth/drtmtharticle.html>
- ² Nanoscience and Technologies, (2004) The Royal Society and the Royal Academy of Engineering.
- ³ Kozima, Y., Usuki, A., Kawasumi, M., Okada, A., Fukushima, Y., Kurauchi, T. and Kamigaito, O.J. (1993). Mechanical Properties of Nylon-6 Clay Hybrid, Journal of Material Research., 8: 1185–1189.
- ⁴ Christopher, O.O. and Lerner, M. (2001). Nanocomposites and Intercalation Compound, Encyclopedia of Physical Science and Technology, Vol. 10, 3rd edn.
- ⁵ Hussain G., Dreck, y Shamsuzzoha, A. M. (2005) S₂Glass/Vinyl Ester Polymer Nanocomposites: Manufacturing, Structures, Thermal and Mechanical Properties, Journal of Advanced Materials, 37(1): 13-27
- ⁶ You-ping W, Li-qun z.(2001). Structure of Carboxylated Acrylonitrile-Butadiene Rubber (CNBR)–Clay Nanocomposites by Co-coagulating Rubber Latex and Clay Aqueous Suspension. J Appl Polym Sci 82: 2842–2848
- ⁷ MA López-Manchado, B Herrero y M Arroyo. (2003). Preparation and characterization of organoclay nanocomposites based on natural rubber. Polymer Int 52:1070–1077
- ⁸ Yizhongwang, (2000). Preparation and Characterization of Rubber–Clay Nanocomposites. Journal of Applied Polymer Science, .78:1879–1883.
- ⁹ ASTM D-543 “Resistencia de plásticos a sustancias químicas”
- ¹⁰ ASTM D-471 “Efectos de disolventes en las propiedades de hules”
- ¹¹ Bill Meyer. (1988). Ciencia de los polímeros. 2º edición ed. Reverté España
- ¹² R Seymour,(1995) Introducción a la química de los polímeros, Marcel Decker,Inc., Nueva York.
- ¹³ Mozner N, Salz U, Progress Polymer Science, 2001, 26 535-576.
- ¹⁴ <http://www.angel.qui.ub.es/~curso/Polymers/politerm.html>
- ¹⁵ Norma ASTM D-471
- ¹⁶ Conde-Salazar, I. y colaboradores. (2000) Servicio de Dermatología Laboral. Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo
- ¹⁷ Norma ASTM F-739
- ¹⁸ www.edmont.com
- ¹⁹ www.ansell.com
- ²⁰ <http://www.juba.es/productos/normativas.htm> JUBA Crta. Logroño s/n. 26250. Sto Domingo de la Calzada. La Rioja. España. Tel: 941340885. Fax: 941340776.
- ²¹ Usuki, A., et al (1993). Swelling Behavior of Montmorillonite Cation Exchange for V-amino Acids by E-caprolactam, Mater. Res., 8(5):1174
- ²² Oriakhi, C.O. (1998). Nano Sándwiches, Chem. Br., 34: 59-62
- ²³ Yen T., James E. Mark. (2001). Clay nanolayer reinforcement of cis-1,4-poliisopreno., J. Applied Polym Sci. 82:1391-1403
- ²⁴ Alexander, M. Dubois, P. (2000). Polymer-layer silicate Nanocomposites, Mater. Sci. Eng. Rep., 28: 1-63
- ²⁵ Luo, J.J. and Daniel, I.M. (2003) Characterization and Modeing of Mechanical Behavior of polymer/clay Nanocomposites, Compos. Sci. Technol., 63(11): 1607-1616

- ²⁶Pinnavia T.J. y Beal G. W. (2000) Polymer-clay Nanocomposites. Ed. Jhon Wiley. 98-105
- ²⁷Seymour Raimond B. y Carraher Charles E. Jr., 1998. Introducción a la química de los polímeros. Ed. Reverté, S.A., 400-415
- ²⁸Kojima, Y., Usuki, A. Kurauchi, T. (1993) Mater. Sci. Lett., 12: 889
- ²⁹Yiqing W., Huifeng Z., Jun Y. (2005). Structure and properties of rubber-clay nanocomposites by Co-coagulating the rubber latex and clay aqueous suspension. J. Applied Polym Sci. 96:318-323
- ³⁰Herman F. Mark, "Macromoléculas gigantes". Colección científica Time-Life. Editado por Offset Multicolor S.A., México D.F., 1980.
- ³¹Besoain Eduardo. Mineralogía de Arcillas de Suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 1985
- ³²Kornmann, X. Linderberg, H. (2001). Synthesis of Epoxy-clay nanocomposites: influence of the nature of the clay, Polymer, 42:1303-1310
- ³³Neilson, L. E. (1997). Journal Macromol. Sci., A1(5), 929-942
- ³⁴D.F. Eckel, M.P. Balogh, P.D. Fasulo, W.R. Rodgers., (2004), J. Appl. Polym. Sci. 93:1110
- ³⁵Chen, T.K., Tien, Y.I. and Wei, K.H: (1999). Synthesis and characterization of Novel Segmented Polyurethane/clay Nanocomposites. J. Polym. Sci., Part A: Poly Chem., 37(13): 2225-2233
- ³⁶Vaia et al (1996) Microstructural Evaluation
- ³⁷Matsouka, (1993). Relaxation Phenomena in Polymers, Hanser
- ³⁸Rosato, D. (1993). "Plastics Encyclopedia and Dictionary". Hanser. USA.
- ³⁹Areizaga, Javier; M. Cortazar (2002). Polímeros. Ed Síntesis. España. Pag. 438
- ⁴⁰Cambridge Polymer Group CPGAN #005 y ASTM D-2765-95 (método C)
- ⁴¹M. Arroyo*, M.A. López-Manchado, B. Herrero. (2003) Organo-montmorillonite as substitute of carbon black in natural rubber compounds. Polymer 44: 2447–2453
- ⁴²D.F. Eckel, M.P. Balogh, P.D. Fasulo, W.R. Rodgers, (2004) J. Appl. Polym. Sci. 93:1110.

ANEXO 1

Hojas técnicas

Látex Natural. Suministros de Especialidades SA de CV

DE : "MEXICANA DE RESINAS

NO. DE TEL :

13 FEB. 2021 04:15PM P1

5017 P 6000127 Calle-
Bus.



ESPECIALIDADES QUIMICAS PARA EL
POLIESTER, S. A. DE C. V.

LATEX.

DESCRIPCION : EL LATEX NATURAL CENTRIFUGADO, ES APLICADO PARA MOLDEAR ARTESANIAS EN YESO.

INFORMACION TECNICA :

CARACTERISTICAS :

ES APLICADO CUANDO SE REQUIERE UN PEGADO RAPIDO DE VARIOS MATERIALES NATURALES Y SINTETICOS DIFICILES DE UNIR.

APLICACIONES Y USOS :

ES USADO PARA MOLDEAR ARTESANIAS EN YESO. TAMBIEN ES USADO PARA LA INDUSTRIA DEL CALZADO. ESTE PRODUCTO SE PUEDE APLICAR POR MEDIO DE UN RODILLO, BROCHA O VIA DE SUMERSION.

DATOS TECNICOS :

PROPIEDADES.	ESPECIFICACIONES.
SOLIDOS %	62+/-1
CONTENIDO DE HULE SECO.	62+/-1
VISCOSIDAD 30 RPM.	120 A 200
PH.	10 A 11
DENSIDAD.	0.98
TIEMPO DE SECADO.	1 A 10 MIN.
COLOR.	BLANCO.
TIEMPO DE VIDA.	8 MESES.
OLOR.	AMONIACO.
ESTABILIDAD MECANICA SGS.	1560
ESTABILIDAD.	12 MESES.

SALUD - 2
INFLAMABILIDAD 0
REACTIVIDAD 0
RIESGO ESPECIFICO 0

Látex Natural centrifugado. Poliformas Plásticas SA de CV



POLIFORMAS PLASTICAS, SA DE CV

CALZ. IGNACIO ZARAGOZA # 448

COL. FEDERAL

C.P. 15700 MEXICO, D. F.

TELS. 5785-0430, 5785-6250

www.poliformasplasticas.com.mx

HOJA TÉCNICA LATEX NATURAL CENTRIFUGADO

Características:

El Látex Centrifugado es sensible a la presión de látex natural modificado de alta calidad usado para la industria del calzado.

Propiedades Químicas:

Sólidos:	58 – 63
Viscosidad:	160 – 10,000
Color:	Blanco
Base:	Látex
Tiempo de secado:	3 a 10 minutos
PH:	10 – 11

Este producto se puede aplicar por medio de un rodillo, brocha o vía de sumersión.

El Látex natural centrifugado es un producto probado de ser adaptable en aplicaciones donde se requiere un pegado rápido de varios materiales.

La naturaleza de sensibilidad agresiva a la presión del látex natural centrifugado permitirá que se peguen varios materiales naturales y sintéticos difíciles de unir. Muestras de prueba deben de efectuarse para determinar la fuerza de adherencia que se puede obtener, ya que diferentes resultados se pueden obtener dependiendo de los materiales a unir.

El Látex natural centrifugado tiene muy buena adaptación a varios tipos de máquinas de aplicación de pegamento tales como los **Speed flex**, **los Schaffer** y otros. Para mayor información técnica requerida favor de contactar con nuestro representante.

ANEXO 2

Parámetros de Solubilidad de Hildebran para los diferentes disolventes.

Disolvente	Parámetro de solubilidad δ (MPa ^{1/2})
Acetona	19.90
Acetato de etilo	18.53
Diclorometano	19.80
Dimetilformamida	24.78
Disulfuro de carbono	20.41
Etanol	26.33
Éter	15.10
Hexano	14.90
Metanol	25.40
Tolueno	18.20

Brandrup. J. (1999). Polymer Handbook. 4^a. edición. Ed. John Willey. USA

ANEXO 3

Tablas de resistencia química.

Tabla 1 Resistencia química proporcionada por Guia modificada de Edmont Gloves Headquarters Europe (Belgium)

	COMPOSICION DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-N (Nitrilo)	Butilo	P.V.C.	P.V.A.
ACRILONITRILO	E	E	E	S	I	E
CELOSOLVE ETER MONOMETILGLICOL	E	E	M	NC	I	E
BROMURO DE METILO	E	E	E	NC	M	E
UNILANOL DE METILENO	E	E	E	NC	M	E
GLICOL DIBENZO	E	E	E	E	I	E
DIMETIL FORMALDEHIDO	E	E	M	S	I	E
DICROMATO	E	E	E	NC	M	E
DISOLVENTES DE PINTURA	E	E	E	NC	M	E
ETIL ETHER	E	E	E	I	M	E
ETIL FORMATO	E	E	E	S	M	E
FREON 11, 12, 113E	M	E	E	NC	M	E
FLUORURO	E	E	E	S	I	E
MELACRILATO DE METILO	E	E	E	NC	I	E
NITROBENCENO	M	E	E	S	M	E
NITROMETANO	M	E	E	S	M	E
NITROBENZENO	M	E	E	S	M	E
ESTERANOISOFURAN	E	E	E	M	M	E
TRIPITANO	M	E	E	NC	M	E
OTROS PRODUCTOS						
ACEITE DE COQUE	I	E	E	M	E	E
ACEITE DE LANA	M	E	E	S	E	E
ACEITE DE NARHAJAS	M	E	E	M	E	E
ACEITE DE PINO	M	E	E	NC	E	E
ACEITE DE SEMILLA DE ALGODON	M	E	E	S	E	E
ACEITE DE VEGETALES	E	E	E	NC	E	E
BALSOS DE RESOLINOS	E	E	E	I	E	E
BARNIZ PARA MADERA (FUNGICID)	M	E	E	NC	E	E
CONSERVADORES DE LA MADERA	E	E	E	I	E	E
CREOSOTA	E	E	E	NC	E	E
DEGRANANTE PARA PINTURA Y BARNICES	E	E	E	NC	M	E
DICROMATO DE NIQUELO	E	E	E	NC	M	E
DIOXICHLORO DE NIQUELO	E	E	E	NC	M	E
DIOXICHLORO DE COBRE	E	E	E	NC	M	E
DIOXICHLORO DE PLATA	E	E	E	NC	M	E
ENDOPEROXIDAMINICO	E	E	E	NC	M	E
ETILGLICOL	E	E	E	E	E	E
FLUIDO HIDRAULICO						
BASE PETROLIO	M	E	E	NC	E	E
BASE ETHER	M	E	E	NC	E	E
POSFATO DE TRIPROFITO	E	E	E	NC	M	E
PARAFINA LIQUIDA	E	E	E	E	M	E
FLUORURO DE SODIO ETHERICO	E	E	E	E	M	E
GLICERINA	E	E	E	E	E	E
GRASAS ANIMALES	E	E	E	NC	E	E
PEROXIDO DE HIDROGENO CON AGUA OXIGENADA	E	E	E	NC	E	E
RESINAS DE GOMA	E	E	E	E	E	E
TINTAS DE IMPRIMIR	E	E	E	NC	I	E
TOLUENO	E	E	E	E	E	E
TREMENTINA	M	E	E	M	E	E

CLAVE	
E-EXCELENTE	I-INTERIOR
S-BUENO	M-MALO
R-REGULAR	NC=NO COMPROBADO

RESISTENCIA FISICA DEL MATERIAL DE QUE ESTAN COMPUESTOS LOS GUANTES

	Látex	Neopreno	B-N	Butilo	P.V.C.	P.V.A.
ENVEJECIMIENTO	E	E	E	E	E	E
RESISTENCIA A LOS GASES O VAPORES DE AGUA	E	E	E	E	E	E
RESISTENCIA A LA RASHA	E	E	E	E	E	E
RESISTENCIA AL CORTE	E	E	E	E	E	E
RESISTENCIA A LA PUNCIÓN	E	E	E	E	E	E
RESISTENCIA	E	E	E	E	E	E

	COMPOSICION DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-N (Nitrilo)	Butilo	P.V.C.	P.V.A.
ALCOHOL DE OCTILO	E	R	B	B	R	B
ALCOHOL PROPILICO	NC	B	E	NC	B	R
ALDEHIDOS						
ACETA. DE BUNDO	R	E	B	B	R	R
BENZA. DE BUNDO	R	R	B	B	R	R
FORMILDEHIDO	E	E	B	B	R	I
CAUSTICOS						
HIPOCLOURO DE AMONIO	E	E	B	B	E	M
HIPOCLOURO DE POTASIO 10%	E	E	B	B	E	M
HIPOCLOURO DE SODIO 5%	E	E	B	B	E	M
AMINAS						
ANILINA	R	R	B	B	R	R
DIFENILAMINA	R	R	B	NC	R	R
DIETILAMINA	E	R	B	NC	R	M
METILAMINA	I	R	B	NC	R	R
PIRO. ETIL. GL. AMIN. 10%	R	R	B	B	R	R
PIRO. ET. AM. 10%	R	M	M	B	R	R
DISOLVENTES AROMATICOS						
BENZOL	M	I	B	NC	I	E
DESTILADOS DE ALGODON DE VULLE	M	R	B	NC	R	E
DISOLVENTES TOLUENO	R	R	B	NC	R	E
ESTERENO	M	R	B	NC	R	E
ACETALDEH. 10%	M	M	E	M	R	E
XILOL	M	F	B	R	M	E
DISOLVENTES ACETONAS						
ACETONA	E	D	I	B	I	R
DICHLORO ACETONA	R	I	B	NC	M	B
TRICHLOROACETONA	R	B	B	NC	R	I
METIL ETIL ACETONA	E	B	B	B	M	F
METIL ISOBUTIL ACETONA	E	B	B	B	M	B
DISOLVENTES CLORADOS						
CLOROFORMO	M	R	R	NC	M	E
CLOROFORMO	M	R	B	R	M	E
CLOROPICLORURO	M	R	R	NC	R	E
CLORURO DE METILO	R	B	B	NC	M	E
CLORURO DE METILENO	R	B	B	NC	M	E
DICLORO ETANO	M	B	B	NC	M	E
DICLORO ETANO	M	M	R	NC	M	E
DICLORO ETANO	M	R	B	M	M	E
PERCLORO ETANO	M	M	B	M	M	E
TETRACLORO ETANO	M	R	B	M	R	E
TRICLORO ETANO P.C.E.	M	B	B	NC	M	E
DISOLVENTES DERIVADOS DEL PETROLIO						
ALCOHOL DE PETROLIO	R	R	R	NC	M	E
BUTENO	R	E	R	NC	R	E
HEXANO	M	R	R	NC	R	E
ISOOCTANO	M	R	R	NC	M	E
ISOPRENANO	M	R	R	NC	M	E
NAFTALENO	R	R	R	M	R	E
PENTANO	R	B	R	M	M	E
DISOLVENTES VARIOS						
ACETATO DE PLATANO	I	R	R	I	M	B
ACETATO DE AMILO	R	R	R	B	M	B
ACETATO DE BUTILO	E	R	B	B	M	R
ACETATO DE BENCIL	M	R	B	NC	M	E
ACETATO DE ETIL	E	B	B	B	M	I
ACETATO DE FENILO	B	B	B	B	I	B

	COMPOSICION DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o latex	Neopreno	Buna-N (Nitrilo)	Butilo	P.V.C.	P.V.A.
ACIDOS INORGANICOS						
ACIDO CROMICO	M	R	R	B	B	M
ACIDO CLORESODRICO 33%	B	R	B	B	B	M
ACIDO CLORESODRICO 40%	B	R	B	B	B	M
ACIDO FLUORHIDRICO 48%	B	R	B	B	B	M
ACIDO FOSFORICO	B	R	B	B	B	M
ACIDO NITRICO 70%	M	R	R	B	B	M
ACIDO NITRICO 10%	R	R	R	B	B	M
ACIDO NITRICO FUMANTE (HUMOS ROJOS)	NC	I	I	NC	I	M
ACIDO NITRICO FUMANTE (HUMOS AMARILLOS)	NC	I	I	NC	I	M
ACIDO PERCLORICO	R	R	R	B	B	M
ACIDO SULFURICO 95%	R	R	R	B	B	M
ACIDO SULFURICO 10%	B	R	R	B	B	M
ACIDOS ORGANICOS						
ACIDO ACETICO	E	R	B	B	B	M
ACIDO CIANICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO ESTEARICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO FORMICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO LACTICO	B	R	B	B	B	R
ACIDO LAURICO	B	R	B	B	B	R
ACIDO LINOLEICO	B	R	B	NC	B	R
ACIDO MALEICO	R	R	B	NC	B	R
ACIDO OLEICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO OXALICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO PALMITICO	R	R	B	B	B	R
ACIDO PICNICO	B	R	B	NC	B	R
ACIDO TANICO	B	R	B	B	B	R
ALCOHOLES						
ALCOHOL BUTILICO	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL ETILICO	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL DE GRANOS (CEREALES)	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL ISOBUTILICO	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL ISOPROPILICO	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL METILICO	E	R	B	B	B	R
ALCOHOL DE MADERA	E	R	B	B	B	R

RESISTENCIA QUÍMICA (ASTM)

Modelos de guantes utilizados para las pruebas

Nitrilo	Degradación Sol-Vex™ 37-645	Permeabilidad (ASTM F 739) Sol-Vex™ 37-665
Neopreno	Neox™	Neox™
PVA	PVA™	PVA™
PVC	Snorkel™	Snorkel™
Caucho natural	Universal™ Plus	Universal™ Plus
LLDPE	Barrier™	Barrier™

- (1) Guante muy apropiado para utilización con este producto químico
- (2) Guante apropiado para utilización con este producto químico si se controla cuidadosamente
- (3) No utilizar este guante con este producto químico
- (4) No se han realizado pruebas de degradación con este producto químico, pero puede considerarse que el índice de degradación está entre Bueno y Excelente, sabiendo que el tiempo de paso es superior a 8 horas.
- (5) No se han realizado pruebas de degradación con este producto químico, pero puede considerarse que el índice de degradación está entre Bueno y Excelente, conociendo los resultados obtenidos con productos similares.

Explicación de los valores de degradación

E	Excelente: el líquido produce un efecto mínimo de degradación.
G	Apropiado: el líquido tiene poco efecto de degradación.
F	Aceptable: el líquido tiene un efecto moderado de degradación.
P	Insuficiente: el líquido tiene un importante efecto de degradación.
NR	No recomendado: no utilizar este material con este líquido.
NA	No disponible

NOTA: Las muestras que han sido calificadas P (Insuficiente) o NR (No recomendado) en las pruebas de degradación no son sometidas a las pruebas de permeabilidad. Por eso aparece una raya (-) en estos casos.

EXPLICACIÓN DE LOS VALORES DE PASO DEL PRODUCTO

Mencionamos el menor tiempo de paso observado desde el principio de la prueba hasta la primera detección del producto en la otra cara de la muestra. Corresponde al tiempo durante el cual un guante ofrece una protección eficaz contra un riesgo químico. > significa "más de" (tiempo). < significa "menos de" (tiempo).

Explicación del índice de permeabilidad

ND	No detectado: en una prueba de 6 horas.	Gotas por hora: a través del guante (cuentagotas)
E	Excelente: Índice de permeabilidad inferior a 0,9 µg/cm ² /min.	Ninguna
VG	Muy bueno: Índice de permeabilidad inferior a 9 µg/cm ² /min.	0 a 1/2 gota
G	Apropiado: Índice de permeabilidad inferior a 90 µg/cm ² /min.	1 a 5 gotas
F	Aceptable: Índice de permeabilidad inferior a 900 µg/cm ² /min.	6 a 50 gotas
P	Insuficiente: Índice de permeabilidad inferior a 9.000 µg/cm ² /min.	51 a 500 gotas
NR	No recomendado: Índice de permeabilidad superior a 9.000 µg/cm ² /min.	501 a 5.000 gotas
		5.001 gotas

Tabla 2 Resistencia química proporcionada por Ansell Occupational Healthcare

RESISTENCIA QUÍMICA (ASTM)



SPA	NITRILLO		NIEOPRENO		PVA Alcohol de Polivinilo		PVC Cloruro de Polivinilo		CAUCHO NATURAL		LLDPE						
	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)					
1,1,1-Tricloroetano	F(2)	1,5 hr	P	NR(3)	-	G(1)	ND	E	NR(3)	-	NR(3)	(4)	> 8 hr	E			
1,2-Dicloroetano	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
1,2-Dicloroetano	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
1,2-Dicloroetano	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
1,5-Ciclooctadieno	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
2-Clorotolueno	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
4-Clorotolueno	NA			NA		NA			NA		NA	(4)	> 8 hr	E			
Acetaldehído	P(3)	-	-	E(2)	10 min	F	NR(3)	E	NR(3)	-	E(2)	7 min	F	> 6 hr	E		
Acetato de amilo	E(1)	1 hr	G	NR(3)	-	G(1)	ND	E	P(3)	-	NR(3)	-	-	> 8 hr	E		
Acetato de butilo	F(2)	1,2 hr	F	NR(3)	-	G(1)	ND	E	G(3)	-	NR(3)	-	-	> 8 hr	E		
Acetato de Cellosolve®	F(2)	1,5 hr	G	G(1)	1,2 hr	VG	(-1)	E	NR(3)	-	E(2)	10 min	G	> 8 hr	E		
Acetato de etilo	NR(3)	-	-	F(2)	10 min	G	F(2)	ND	E	NR(3)	-	G(2)	5 min	F	> 8 hr	E	
Acetato de propilo	F(2)	20 min	G	P(3)	-	G(1)	2 hr	VG	NR(3)	-	P(3)	-	-	-	NA		
Acetona	NR(3)	-	-	G(2)	10 min	E	P(3)	-	NR(3)	-	E(2)	10 min	F	> 8 hr	E		
Acetonitrilo	F(2)	30 min	F	E(1)	20 min	E	(-2)	2,5 hr	G	NR(3)	-	E(2)	4 min	VG	> 8 hr	E	
Acido acético glacial	G(1)	69 min	-	E(1)	> 6 hr	-	NR(3)	-	NR(3)	-	E(1)	1,8 hr	-	-	150 min	-	
Acido acético	G(2)	2 hr	-	F(2)	ND	E	NR(3)	-	NR(3)	-	E(2)	1,3 hr	-	-	NA		
Acido bromhidrico (48%)	NA			NA		NA			NA		E(1)	3,2 hr	-	-	(4)	> 8 hr	-
Acido bromopropiónico	F(2)	2 hr	-	E(1)	7 hr	-	NR(3)	-	G(1)	-	E(1)	-	-	-	(4)	> 8 hr	-
Acido butírico	NA			NA		NA			NA		E(1)	-	-	-	(5)	2 hr	-
Acido cítrico (10%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	50 min	-	E(1)	ND	-	-	-	NA		
Acido clorhidrico (10%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	ND	-	-	-	-	NA		
Acido clorhidrico (38%)	NA			NA		NA			NA		E(1)	ND	-	-	(4)	> 8 hr	-
Acido clorhidrico concentrado	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	> 5 hr	-	E(1)	4,8 hr	-	NA		
Acido crómico (50%)	F(2)	4 hr	-	NR(3)	-	-	NR(3)	-	G(1)	ND	-	NR(3)	-	-	NA		
Acido fluorhidrico (48%)	E(2)	2 hr	-	E(2)	5 min	-	NR(3)	-	G(2)	40 min	-	E(1)	3,1 hr	-	(4)	> 8 hr	E
Acido fluorhidrico (50%)	NA			NA		NA			NA		NA		-	-	(4)	> 8 hr	E
Acido fórmico (90%)	F(2)	4 hr	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	> 6 hr	-	E(1)	2,5 hr	-	(4)	> 8 hr	-
Acido fosfórico concentrado	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	G(1)	ND	-	F(2)	ND	-	NA		
Acido láctico (85%)	E(1)	ND	E	E(1)	ND	E	F(2)	ND	E	E(1)	ND	-	-	-	(4)	> 8 hr	-
Acido láurico (36%) / EtOH	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	F(2)	15 min	-	E(1)	ND	-	NA		
Acido málico saturado	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	G(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NA		
Acido murático	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	> 5 hr	-	E(1)	4,8 hr	-	NA		
Acido nítrico (10%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	G(1)	ND	-	E(1)	ND	-	(4)	> 8 hr	-
Acido nítrico (70%)	NR(3)	-	-	G(1)	ND	-	NR(3)	-	F(2)	5,7 hr	-	NR(3)	-	-	E	> 8 hr	-
Acido nítrico (fumante)	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NR(3)	-	P(3)	-	-	-	-	-	NA		
Acido oléico	E(1)	ND	E	E(2)	<10 min	G	G(1)	1 hr	E	F(2)	1,5 hr	VG	F(2)	ND	NA		
Acido oxálico saturado	G(2)	30 min	-	E(2)	ND	-	P(3)	-	G(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NA		
Acido palmítico saturado	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	1,2 hr	-	G(2)	5 min	-	NA		
Acido perclórico (60%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	E(1)	ND	-	F(2)	ND	-	NA		
Acido pícrico saturado / EtOH	E(1)	2,6 hr	VG	E(1)	3 hr	VG	NR(3)	-	E(1)	40 min	VG	-	-	-	NA		

RESISTENCIA QUÍMICA (ASTM)



SIPA	NITRILLO		NEOPRENO		PVA Alcohol de Polivinilo		PVC Cloruro de Polivinilo		CAUCHO NATURAL		LLDPE		
	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Índice de degradación	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Índice de degradación	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Índice de degradación	Permeabilidad (índice)	
Acido propiónico	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Acido sulfúrico (95%)	NR (3)	ND	F (2)	105 min	NR (3)	-	G (2)	3,6 hr	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	-
Acido sulfúrico de batería (47%)	E (2)	ND	E (1)	ND	NR (3)	-	G (1)	ND	E (1)	ND	NA		
Acido tánico (65%)	E (1)	ND	E (1)	ND	P (3)	-	E (1)	ND	E (1)	ND	NA		
Acido fórmico (85%)	NA	-	NA	-	NR (3)	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Acilfenitrilo	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Aguja regia	F (2)	ND	G (1)	ND	NR (3)	-	G (1)	2 hr	NR (3)	-	NA		
Alcohol alílico	NA	-	NA	-	NA	-	P (3)	1 hr	E (1)	> 10 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol anílico	E (1)	30 min	E (1)	290 min	G (1)	G	G (2)	12 min	E (2)	25 min	NA		
Alcohol butílico	E (1)	ND	E (1)	3,5 hr	F (2)	G	G (1)	3 hr	E (2)	20 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol diacetona	G (1)	4 hr	E (1)	140 min	- (2)	G	-	-	E (2)	15 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol etílico	E (1)	4 hr	E (1)	113 min	NR (3)	-	G (1)	1 hr	E (2)	57 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol furtúrico	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Alcohol isobutílico	E (1)	ND	E (1)	ND	P (3)	-	F (2)	10 min	E (2)	15 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol isopropílico	E (1)	ND	E (2)	< 10 min	NR (3)	-	G (1)	2,5 hr	E (2)	20 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol metílico	E (2)	11 min	E (2)	66 min	NR (3)	-	G (1)	45 min	E (2)	20 min	(4)	> 8 hr	E
Alcohol octílico	E (1)	ND	E (2)	< 10 min	G (1)	E	F (2)	> 6 hr	E (1)	30 min	NA		
Alcohol propílico	E (1)	ND	E (1)	200 min	P (3)	-	F (2)	1,5 hr	E (2)	20 min	(4)	> 8 hr	E
Alcoholes minerales (Grado 66)	E (1)	ND	G (1)	ND	E (1)	E	F (2)	2,5 hr	NR (3)	-	NA		
Allilamina	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(5)	20 min	E
Amoniaco gaseoso	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(5)	19 min	E
Anilina	NR (3)	-	G (1)	100 min	F (2)	ND	F (2)	3 hr	E (2)	25 min	(4)	> 8 hr	E
Benzaldehído	P (3)	-	NR (3)	-	E (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Bromuro de metileno	NR (3)	-	NR (3)	-	G (1)	E	NR (3)	-	G (2)	10 min	(4)	> 8 hr	E
Celsoxw® butílico	NR (3)	-	NR (3)	-	G (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Celsoxw® metílico	E (1)	1,5 hr	E (2)	2 hr	G (1)	G	P (3)	-	E	45 min	(4)	> 8 hr	E
Cetona disobutílica, DIBK	F (2)	11 min	NR (3)	-	G (2)	G	-	-	E (2)	20 min	(4)	440 min	E
Cetona disobutílica, DIBK	E (2)	2 hr	P (3)	-	G (1)	E	P (3)	-	P (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Chlorothene® VG	F (2)	1,5 hr	NR (3)	-	G (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Ciclohexanol	E (1)	ND	E (1)	3 hr	G (1)	E	E (1)	6 hr	E (2)	10 min	(4)	> 8 hr	E
Ciclohexanona	F (2)	103 min	P (3)	-	F (2)	E	NR (3)	-	P (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Cloro gaseoso	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Clorobenceno	NR (3)	-	NR (3)	-	E (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Cloroetano	NA	-	NA	-	NA	E	NR (3)	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Cloroformo	NR (3)	-	NR (3)	-	E (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	G
Clorofenileno	P (3)	-	NR (3)	-	G (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E
Cloruro de alilo	F (2)	140 min	E (1)	140 min	NA	E	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Cloruro de metileno	NR (3)	-	NR (3)	-	G (1)	E	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	20 min	VG
Cloruro de vinilo gaseoso	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	(4)	> 8 hr	E
Cobre electrolítico*	E (1)	ND	E (1)	ND	NR (3)	-	E (1)	ND	E (1)	ND	NA		
Dietilamina	F (2)	45 min	P (3)	-	NR (3)	-	NR (3)	-	NR (3)	-	(4)	> 8 hr	E

RESISTENCIA QUÍMICA (ASTM)



SPA	NITRILLO			NEOPRENO			PVA Alcohol de Polivinilo			PVC Cloruro de Polivinilo			CAUCHO NATURAL			LLDPE		
	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)			
Dihisocianato de isoflorona	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-			
Dihisocianato de tolueno, TDI	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	G(1)	ND	E	P(3)	-	-	G(2)	7 min	G	(4)	> 8 hr	E
Dimetilacetamida, DMAC	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	E(2)	15 min	G	(4)	> 8 hr	E
Dimetilformamida, DMF	NR(3)	-	-	G(2)	40 min	F	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	E(2)	25 min	VG	(4)	> 8 hr	E
Dimetilsulfóxido, DMSO	E(1)	> 4 hr	VG	E(1)	ND	G	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	E(1)	3 hr	E	(4)	> 8 hr	E
Dioctilftalato, DOP	G(1)	> 6 hr	E	G(1)	ND	E	E(2)	30 min	F	NR(3)	-	-	P(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Dioxano	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	P(3)	-	-	NR(3)	-	-	F(2)	5 min	F	(4)	> 8 hr	E
Disolvente Cellosolve®	G(1)	3,5 hr	G	E(2)	2 hr	F	- (2)	1,2 hr	G	P(3)	-	-	E(2)	25 min	VG	(4)	> 8 hr	E
Disolvente de caucho	E(1)	ND	E	G(1)	40 min	F	E(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
Disolvente standard	E(1)	ND	E	E(1)	ND	E	E(1)	ND	E	F(2)	6 hr	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
Disulfuro de carbono	G(2)	30 min	F	NR(3)	-	-	E(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
D-Limoneno	E(1)	-	-	P(3)	-	-	G(1)	ND	E	G(1)	125 min	G	NR(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Epichlorhidrina	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	E(1)	5 hr	E	NR(3)	-	-	E(2)	5 min	F	(4)	> 8 hr	E
Estireno	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Eter 2-metoxietileno (diglimna)	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Eter etilglicol	G(1)	3,5 hr	G	E(1)	2 hr	F	-	1,2 hr	G	P(3)	-	-	E(2)	25 min	VG	NA	-	-
Eter etílico	E(1)	2 hr	G	E(2)	< 10 min	G	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Eter metilglicol	F(2)	11 min	G	NR(3)	-	-	G(2)	30 min	G	P(3)	-	-	E(2)	20 min	VG	NA	-	-
Eter metil-4-butil, MTBE	E(1)	ND	E	P(3)	-	-	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Etilbenceno	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Etilendicloruro	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	E(1)	ND	E	NR(3)	-	-	P(3)	-	-	NA	-	-
Etilenglicol	E(1)	ND	E	E(1)	ND	E	F(2)	2 hr	VG	E(1)	ND	E	E(1)	ND	E	(4)	> 8 hr	E
Fenol	NR(3)	-	-	E(1)	140 min	F	F(2)	ND	E	G(1)	1,2 hr	VG	E(1)	1,5 hr	-	(4)	> 8 hr	E
Fluoruro de amonio (40%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(2)	-	-	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NA	-	-
Fluoruro de hidrógeno gaseoso	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Formaldehído	E(1)	ND	E	E(1)	2 hr	VG	P(3)	-	-	E(1)	1,3 hr	VG	E(2)	10 min	G	NA	-	-
Fosfato de tricresilo, TCP	E(1)	ND	E	F(2)	< 10 min	P	G(1)	ND	E	F(2)	ND	E	E(1)	45 min	E	NA	-	-
Freon® TF	E(1)	ND	E	E(1)	2 hr	VG	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
Freon® TMC	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
Ftalato de dibutilo	G(1)	ND	E	F(2)	< 10 min	F	E(1)	ND	E	NR(3)	-	-	E(2)	20 min	-	NA	-	-
Furfural	NR(3)	-	-	G(2)	30 min	P	F(2)	ND	E	NR(3)	-	-	E(2)	15 min	VG	(4)	> 8 hr	E
Gamma butirrolactona	NR(3)	-	-	G(2)	-	-	E(1)	2 hr	VG	NR(3)	-	-	E	1 hr	G	(4)	> 8 hr	E
Gasolina (blanca)	E(1)	ND	E	NR(2)	-	-	G(1)	ND	E	P(3)	-	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
HCF-C-141b	E(2)	92 min	F	F(2)	33 min	P	NR(3)	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Hexametilidiazano	E(1)	ND	-	E(1)	15 min	-	G(1)	ND	-	P(3)	-	-	F(2)	15 min	F	(4)	> 8 hr	E
Hexano	E(1)	ND	E	E(1)	40 min	F	G(1)	ND	E	NR(3)	-	-	NR(3)	-	-	NA	-	-
Hidrazina (65%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	-	E(1)	ND	-	E(1)	2,5 hr	VG	NA	-	-
Hidroquinona saturada	E(1)	ND	E	E(1)	140 min	F	NR(3)	-	-	E(1)	ND	E	G(1)	ND	E	NA	-	-
Hidróxido de amonio concentrado	E(1)	ND	-	E(1)	> 6 hr	-	NR(3)	-	-	E(1)	4 hr	-	E(1)	1,5 hr	-	NA	-	-
Hidróxido de amonio (30%)	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	E	30 min	-
Hidróxido potásico, KOH (50%)	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NR(3)	-	-	E(1)	ND	-	E(1)	ND	-	NA	-	-

RESISTENCIA QUÍMICA (ASTM)

SPA	NITRIL O			NEOPRENO			PVA,Alcohol de Polivinilo			PVC Cloruro de Polivinilo			CAUCHO NATURAL			LLDPE		
	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)	Índice de degradación	Permeabilidad (paso)	Permeabilidad (índice)			
Hidróxido sódico, NaOH (50%)	E (1)	ND	-	E (1)	ND	-	NR (3)	-	-	G (1)	ND	-	E (1)	ND	-	(4)	> 8 hr	-
Yoduro de metilo	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	F (2)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Iso-octano	E (1)	6 hr	E	E (1)	230 min	G	E (1)	ND	E	P (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Líquido hidráulico Skydrol®	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	F (2)	-	-	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Metacrilato de metilo	P (3)	-	-	NR (3)	-	-	G (1)	ND	E	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Metilamina	E (1)	ND	E	G (1)	140 min	G	NR (3)	-	-	E (1)	2.2 hr	VG	E (1)	55 min	VG	NA	24 min	G
Metilamina gaseoso	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(5)	> 8 hr	E
Metilamina (40%)	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	VG	NR (3)	-	-	NA	-	-	E	> 8 hr	E
Metilacetona, MEK	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	F (2)	1.5 hr	VG	NR (3)	-	-	F (2)	5 min	F	(4)	> 8 hr	E
Metilsulfacetona, MIBK	P (3)	-	-	NR (3)	-	-	F (2)	ND	E	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Metilpropilacetona	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	E	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Monocetanolamina	E (1)	ND	E	E (1)	260 min	E	F (2)	ND	E	E (1)	ND	E	E (1)	50 min	E	NA	> 8 hr	E
Mordiente de silicio	NR (3)	-	-	G (1)	ND	-	NR (3)	-	-	F (2)	2.5 hr	-	NR (3)	-	-	NA	> 8 hr	E
Morfina	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	G (1)	1.5 hr	G	NR (3)	-	-	G (2)	20 min	G	(4)	> 8 hr	E
Nafía VM&P	E (1)	ND	E	G (2)	100 min	F	E (1)	> 7 hr	E	F (2)	2 hr	VG	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Niquel electrolítico**	E (1)	ND	-	E (1)	ND	-	NR (3)	-	-	E (1)	ND	-	E (1)	ND	-	NA	> 8 hr	E
Nitrobenzono	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	G (1)	ND	E	NR (3)	-	-	F (2)	15 min	G	(4)	> 8 hr	E
Nitrometano (95,5%)	F (2)	30 min	F	E (1)	1 hr	G	G (1)	ND	E	P (3)	-	-	E (2)	10 min	G	(4)	> 8 hr	E
Nitropropano (95,5%)	NR (3)	-	-	G (2)	<10 min	F	E (1)	> 6 hr	E	NR (3)	-	-	E (2)	5 min	G	(4)	> 8 hr	E
N-metil- β -pirrolidona, NMP	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	E (1)	1,25 hr	VG	(5)	234 min	E
Oxido de etileno gaseoso	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	-	(6)	> 8 hr	E
Oxido de propileno	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	G (2)	35 min	G	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	E	> 8 hr	E
Pentaclorofenol	E (1)	ND	E	E (2)	151 min	F	E (2)	5 min	F	F (2)	3 hr	E	NR (3)	-	-	NA	> 8 hr	E
Bentano	E (1)	ND	E	E (1)	20 min	F	G (1)	ND	E	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	E	> 8 hr	E
Percloroetileno	G (1)	5 hr	VG	NR (3)	-	-	E (1)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	NA	> 8 hr	E
Peróxido de hidrógeno (30%)	E (1)	ND	-	E (2)	ND	-	NR (3)	-	-	E (1)	ND	-	E (1)	ND	-	NA	> 8 hr	E
Piridina	NR (3)	-	-	P (3)	-	-	G (2)	10 min	F	NR (3)	-	-	F (2)	10 min	F	(4)	> 8 hr	E
Queroseno	E (1)	ND	E	E (2)	170 min	P	G (1)	ND	E	F (2)	> 6 hr	E	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tetracloroetano	E (1)	5 hr	VG	NR (3)	-	-	E (1)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tetracloruro de carbono	G (1)	2,5 hr	G	NR (3)	-	-	E (1)	ND	E	F (2)	25 min	F	NR (3)	-	-	NA	> 8 hr	E
Tetrahidrofuran, THF	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	P (2)	1,5 hr	G	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tolueno, Toluol	F (2)	10 min	F	NR (3)	-	-	G (1)	ND	E	P (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Trementina	E (1)	30 min	E	NR (3)	-	-	G (1)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tricloroetano, TCE	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	E (1)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tricloroetano	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	E	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Tricloroamina (85%), TEA	E (1)	ND	E	E (2)	<10 min	G	G (1)	ND	E	E (1)	ND	E	G (1)	ND	E	(4)	> 8 hr	E
Trifluorotolueno	NA	-	-	NA	-	-	NA	-	E	NA	-	-	NA	-	-	(4)	> 8 hr	E
Xileno, Xilol	G (2)	1,2 hr	F	NR (3)	-	-	E (1)	ND	E	NR (3)	-	-	NR (3)	-	-	(4)	> 8 hr	E