

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Quimica



EXAMEN DE TESIS
FAC. DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO MERCADOLOGICO DE LA MEMBRANA
IMPERMEABLE DE HULE BUTILO CLORADO EN LA
INDUSTRIA LLANTERA.

T E S I S

Que para obtener el Título de:

I N G E N I E R O Q U I M I C O

P r e s e n t a:

CARLOS FISCHER MARMOLEJO

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	3
I. GENERALIDADES	
I.1 Elementos constitutivos de una llanta	6
I.2 Llanta neumática y desarrollo histórico	9
I.3 Propiedades físicas del hule vulcanizado	12
I.4 Diseño y desarrollo de una formulación	23
II. DISEÑO	
II.1 Condiciones de diseño	28
II.2 Elastómero	28
II.3 Estructura molecular de Clorobutilo	29
II.4 Formulación	30
II.5 Costo	32
III. ESPECIFICACIONES COMERCIALES	
III.1 Tipos de Clorobutilo	34
III.2--Especificación del fabricante	35
IV. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	
IV.1 Permeabilidad al aire	37
IV.2 Resistencia al calor	37
IV.3 Resistencia a la tensión	40
IV.4 Presión interna de la carcasa (PIC)	41
IV.5 Desempeño de la llanta	42
IV.6 Consideraciones de costo y desempeño	49
V. PROCESO DE MANUFACTURA	
V.1 Diagrama de bloques	53
V.2 Mezclado	54
V.3 Calentamiento de la carga para calandria o extrusor	55
V.4 Calandreado de rellenos	57
V.5 Encogimiento	61
V.6 Extrusión de rellenos	62
V.7 Burbujas	63
V.8 Pérdidas de pegajosidad	66
V.9 Las resinas como adherentes	67
VI. PLAN GENERAL DE COMERCIALIZACION	
VI.1 Misión	70
VI.2 Objetivo	70
VI.3 Acciones clave	71

VI.4	Actividades promocionales	71
VI.5	Resultados en México	72
VI.6	Algunas tendencias de mercado en otras regiones	73
VI.7	Otras tendencias generales	74

VII. CONCLUSIONES

VII.1	Conclusiones técnico mercadológicas	77
-------	-------------------------------------	----

APENDICE

Equipo de laboratorio	79-80
Compuestos de hule para relleno	87-96
Envejecimiento por calor	81-88
Permeabilidad al aire	83-86
Presión interna de la carcasa	82-84-91-92-93-94
Resistencia a la flexión	89-90
Análisis de costo	85-95-98
Estadística de consumo	99-100-101-102-103-104-105

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

La industria llantera se encuentra ligada fuertemente al desarrollo del transporte en el mundo y tiene un reto permanente para cubrir las necesidades que presenta la industria automotriz.

El reto inicial fué resuelto por DUNLOP quien inventó la primera llanta neumática de hule, misma que iba pegada a la rueda. Más adelante, surgió la llanta neumática con cámara inventada por los hermanos MICHELIN en 1895, este tipo de llanta predominó durante muchas décadas hasta el año de 1947, en que hizo su aparición la llanta sin cámara en el mercado automotriz.

La llanta sin cámara, además de reunir todas las ventajas de la llanta convencional proporciona:

- . Menor fricción y calentamiento que resulta en mayor duración.
- . Reducción de peso de las llantas que apoya el ahorro de combustible, y
- . Menor riesgo a reventones, con el consecuente índice mayor de seguridad.

Las ventajas mencionadas han requerido de nuevas formulaciones y diseños de partes de hule, siendo una de las más relevantes, la membrana impermeable, también conocida como "relleno" o "liner", que es una capa de hule que impide la difusión del aire de la llanta inflada a través del esqueleto o "carca

sa" de la llanta que se usa sin cámara; y también protege a la primera capa de materiales textiles en la llanta.

El propósito del estudio técnico mercadológico que se presentara en los siguientes Capítulos, es señalar los pasos llevados a cabo para mejorar notablemente los resultados iniciales de la membrana impermeable, misma que inició su fabricación apoyada en formulaciones con hule de uso general, con resultados desfavorables por su alta permeabilidad en gases y vapor.

Actualmente la industria llantera ha resuelto el reto de la membrana impermeable en las llantas sin cámara al utilizar finalmente el hule poliisobutileno-isopreno clorado, mejor conocido como hule butilo clorado o CLOROBUTILO, con resultados excelentes por su baja permeabilidad a los gases y al vapor de agua, buena adhesividad y resistencia a las fuerzas de tensión y al envejecimiento.

Dado la extensión del tema seleccionado, se apoyarán los comentarios presentados en los Capítulos siguientes, con Figuras y Tablas adicionales ⁽¹⁾, localizadas en el Apéndice.

(1) El equipo de laboratorio y campo utilizado en la industria llantera mexicana ha sido diseñado y manufacturado en USA o Inglaterra, con sus escalas correspondientes en unidades inglesas, principalmente en libras y pulgadas. Por lo anterior se ha establecido como norma de uso en México, la referencia a dichas unidades, mismas que se utilizan en este estudio.

I. GENERALIDADES

I. GENERALIDADES

I.1 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA LLANTA

Una llanta es una envoltura con resistencia suficiente para soportar las presiones ejercidas por el calor, el aire, las flexiones a que esta sujeta, y los diferentes esfuerzos como son: golpes, cortadas, desgaste, agrietamientos, ataques del medio ambiente, etc. producidos durante el servicio.

El aire que contiene la llanta es quien soporta el peso del vehículo y la llanta a su vez es la que tiene que soportar el aire.

En general son tres los elementos que constituyen la llanta:

- a) Compuestos de Hule
 - b) Materiales Textiles
 - c) Alambres de Acero
- a) Los componentes de hule deben ser diseñados según la función que van a cumplir, es decir, para el piso serán resistentes al calor, flexión, desgaste, cortadas, etc.; para las paredes resistentes a la flexión, cortadas, oxidación por el medio ambiente, etc.; para las capas resistentes a la flexión, al calor, buena adhesividad; y para las cejas deberán ser muy duros.
- b) Textiles: Los materiales textiles serán los que soporten el aire, golpes, calor, etc. y para su mejor funcionamiento se recubren de hule, formando en la llanta las capas de es-

ta, cuyo número se diseñará según la resistencia de la llanta, ejemplo dos, cuatro, ocho, diez, doce, etc. capas, por su naturaleza podrán ser de nylon, políester, rayón, etc.

- c) Alambre de Acero: Principalmente se usa en la ceja para dar la firmeza necesaria a la llanta al montarla en el rin. Así, como servir de sostén a las capas de las llantas. Actualmente determinado tipo de alambre se usa para hacer llantas de acero utilizando este en lugar de los textiles.

Con el fin de ilustrar las partes de una llanta, se presenta el dibujo de una sección o corte transversal de una llanta, en la Fig. I.1, señalando las partes constituyentes de la misma y su propósito específico a continuación:

Recubierto.- Componente de la llanta en contacto con el piso. Se aplica como tira de hule, que después de vulcanizada deberá ser relativamente dura y resistente.

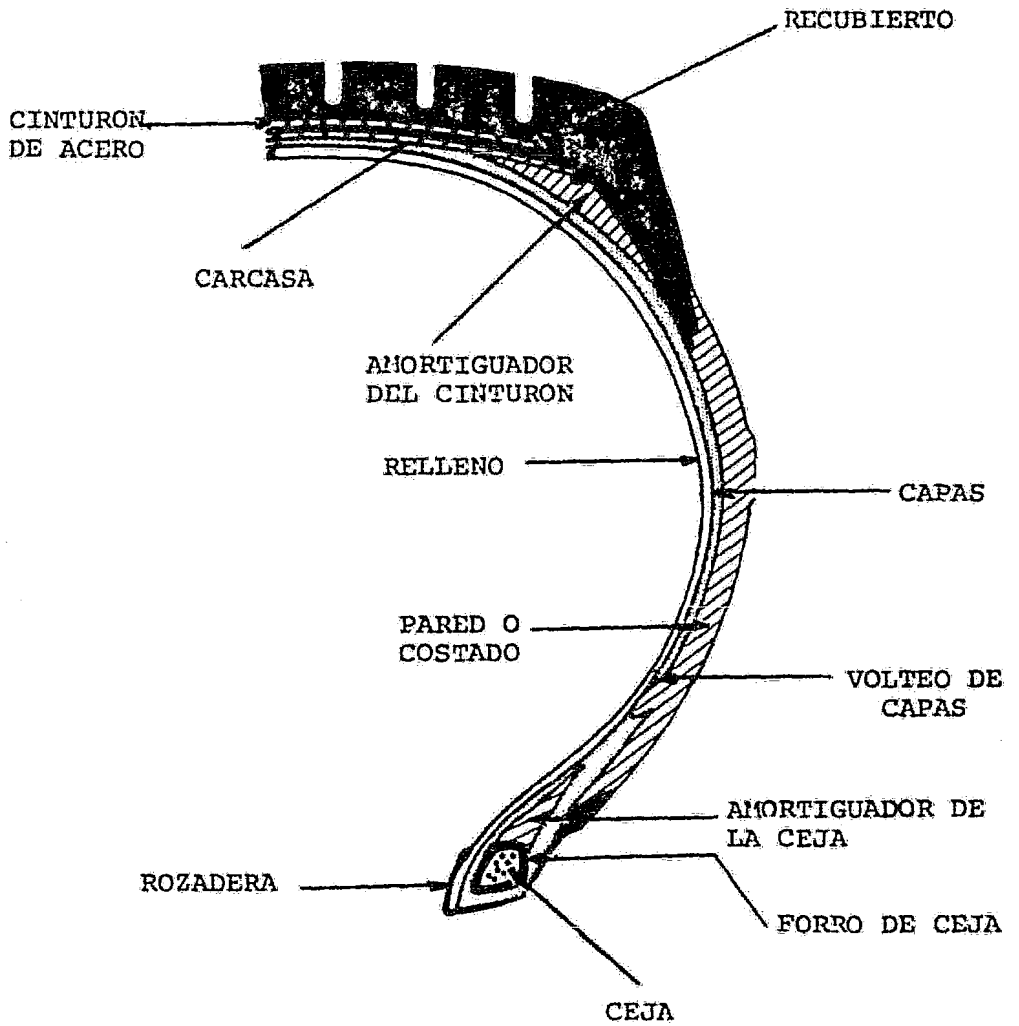
Amortiguadores.- Componentes del esqueleto o carcasa que contribuyen a aumentar la capacidad de resistencia al golpe de la llanta.

Capas.- Componente básico del esqueleto que le da cuerpo y sustentación a la llanta. Como ya se mencionó en materiales textiles, sus características son: la resistencia a fuerzas de tensión y gran adhesividad.

Relleno.- Es una capa de hule que impide que el aire de la llanta inflada se difunda a través del esqueleto en la llanta que se usa sin cámara, o bien protege a la primera capa, sus

Fig. I-1

CORTE TRANSVERSAL DE UNA LLANTA RADIAL SIN CAMARA



características son: baja permeabilidad a los gases, buena adhesividad y resistencia a fuerzas de tensión.

Cojín de raspado.- Tira de hule negro que protege la pared blanca en servicio.

Pared.- Su función y los requisitos de la pared son parecidos a los del recubierto.

Volteo de capas.- Es el giro que se les da a las capas alrededor de cada una de las cejas para anclarlas con las capas.

Rozadera.- Es una lona cubierta de hule que se aplica a la llanta para proteger la ceja contra el rín.

Ceja.- Como ya se mencionó se usa para dar firmeza a la llanta al montarla y para servir de sosten a las capas y es un aro formado por varios hilos de acero que se aíslan con hule para que se adhieran fuertemente.

I.2 LLANTA NEUMÁTICA Y DESARROLLO HISTÓRICO

John Boyd Dunlop inventó la primera llanta neumática de hule. Hueca, tubular, llena de aire, con la particularidad de que iba fija a la rueda. Este nuevo tipo de llanta se aplicó primeramente a la rueda de bicicletas.

En 1895 hizo su aparición la llanta neumática desmontable inventada por los hermanos Michelin en Francia. Con ello se logró dar otro paso más adelante en la economía, comodidad y utilidad práctica de la llanta. La llanta neumática de hule desmontable con cámara proporcionó una mayor facilidad en el

cambio y reemplazó a otras llantas, ya que poseía un rodamiento más fácil y con ello una mayor velocidad, con magnífica amortiguación a los golpes, estabilidad en el manejo y gran acción antiderrapante.

No obstante que la llanta neumática desmontable con cámara significó un gran adelanto, seguían observándose en ella algunos inconvenientes, tales como: ser susceptible a reventones y ponchaduras; sufría calentamientos y con ello, reducción de su duración y distaba bastante todavía de un satisfactorio agarre o adherencia al piso sobre todo en curvas. Con el tiempo se fueron introduciendo mejoras en su fabricación para reducir estos inconvenientes e introducir innovaciones. Al efecto, fueron ideándose y apareciendo muchos diseños o dibujos del piso de la llanta (con el propósito de servir al tipo de cada clase de llanta: para altas velocidades, para servicio urbano, para trabajos agrícolas, etc.); también se cambió la superficie sumamente curva del piso de la llanta, que era completamente tubular (como la de bicicleta) dándole una curvatura menos pronunciada (con ello se logró una mayor adherencia al piso); se aumentaba el número de capas para incrementar su resistencia; se aplicaron "ventilas" a sus paredes cerca de los hombros (para disminuir su calentamiento).

La llanta neumática con cámara predominó muchísimas décadas llenando toda una época que data desde los comienzos de este siglo y a través de dos guerras mundiales hasta el año de 1947, en que se registró un extraordinario acontecimiento que marcó

una nueva época en la historia e industria de la llanta, la llanta neumática sin cámara.

La llanta sin cámara además de reunir todas las ventajas de la llanta convencional con cámara, ofrece otras ventajas adicionales tales como: reducción de peso de la llanta; menos fricción y calentamiento (por ende mayor duración); menor susceptibilidad a reventones y con ello, un mayor índice de seguridad. En muy poco tiempo, la llanta sin cámara logró una aceptación universal. Marcó una nueva era en materia de seguridad automotriz y constituyó la mayor innovación en la historia de la industria llantera.

En 1954 la llanta sin cámara aparece en el mercado nacional.

La llanta de capas radiales fue producida primeramente por la firma Michelin en Francia, en 1948. La llanta convencional, tanto con cámara o sin cámara se construye con cuerdas que se disponen diagonalmente en capas alternadoras a unos 35° de ángulo en relación con el rin. La innovación de la llanta radial consistía en que las cuerdas se extienden transversalmente, de una ceja a otra del rin, a un ángulo de 90° con respecto a la dirección de avance de la llanta. Las cuerdas no se cruzan ya que todas se extienden en la misma dirección colocadas radialmente. De ahí que se denomina llanta de "cuerdas radiales" o sea, llanta radial.

La llanta radial lleva además un cinturón estabilizador que abarca la circunferencia de la llanta directamente debajo del

piso. La llanta convencional no posee este cinturón.

Las ventajas de las llantas radiales son enormes. Como las cuerdas no se cruzan entre sí las paredes son mucho más flexibles por lo que la llanta se pliega fácilmente en dirección de la fuerza con la que el automóvil entra a una curva, dando por resultado que el recubierto no pierda contacto con el suelo. Se obtiene así una mayor estabilidad del automóvil, con reducción de patinaje y mejoría en el viraje.

Otra ventaja es que con las cuerdas radiales, la llanta no se calienta rápidamente como la de construcción convencional. La razón es que las cuerdas radiales no rozan entre sí. Esto da como resultado mayor duración. El cinturón estabilizador proporciona - una faja firme que estabiliza el recubierto y reduce la distorción a que es sometido el recubrimiento al rodar en el suelo. (Esta acción distorcionadora es responsable, en gran parte, del desgaste del recubierto en las llantas convencionales). La reducción de esta acción distorcionadora se traduce en una contribución mayor a la duración de la llanta.

En 1971 la llanta radial aparece en el mercado nacional.

I.3. PROPIEDADES FISICAS DEL HULE VULCANIZADO

Debido a la importancia de la membrana impermeable en la construcción y desempeño de la llanta en servicio, a continuación

se describen las propiedades físicas del hule vulcanizado y las pruebas a que se somete.

La propiedad más importante del hule vulcanizado es soportar de formaciones y volver enseguida a su forma inicial.

Esta propiedad nos lleva a examinar el comportamiento del hule cuando es deformado, lo primero es elegir el género de deformación que puede adoptarse, ya que existen varias formas de deformación como son: tensión, flexión, compresión, torción, etc.

Las propiedades físicas y los aparatos más usados para su determinación en la industria llantera mexicana, se detallan a continuación:

<u>Propiedades físicas</u>	<u>Aparato más usado</u>
Resistencia a la tensión	Scott
Elongación	Scott
Módulo	Scott
Resistencia a la flexión	Monsanto Flex
Gravedad específica	Fisher
Dureza	Shore
Reómetro de disco oscilante	Monsanto
Viscosidad	Mooney

El aparato que más se utiliza en la práctica es el Scott, debido a que las pruebas "tensiles" son realizadas sencilla y rápidamente en el laboratorio para determinar las deformaciones por tensión.

Resistencia a la tensión (tensil)..- Es la fuerza por unidad de área de sección transversal original la cual es aplicada en el tiempo de ruptura de la muestra que se prueba. Es calculada di

vidiendo la fuerza de ruptura en libras por la sección transversal de la muestra no estirada en pulgadas cuadradas.

Elongación.- Es usada para describir la facilidad del hule para estirarse sin romperse. Para describir ésta propiedad como una medida, es más exacto referirla como última elongación, donde su valor es expresado como por ciento de la longitud original y es tomada en el momento de la ruptura.

Módulo.- Es usado para expresar la cantidad de estiramiento en lb/in^2 requerido para estirar la probeta a una elongación dada. Expresa la resistencia a la extensión o la rigidez en la vulcanización.

El aparato más frecuentemente usado para medir las tres propiedades antes mencionadas es la máquina tensil Scott.

Gravedad específica.- Es la relación entre el peso de la unidad de volumen de un hule vulcanizado y el peso del mismo volumen de agua a una temperatura dada. Es una prueba de control importante para verificar la exactitud de los compuestos, y sirve como guía para la comparación relativa de los costos de compuestos.

Un método conveniente para determinar la gravedad específica de un hule vulcanizado, consiste en encontrar una solución de densidad conocida en la cual una muestra de hule ni se hunda hasta el fondo, ni se eleve a la superficie.

Dureza.- Esta propiedad aplicada al hule implica resistencia a la indentación, la dureza es expresada como un número referido a la escala del instrumento en el cual será medido. Es

una propiedad importante, frecuentemente usada en especificaciones de hule junto con las propiedades tensiles.

Uno de los durómetros más frecuentemente usados es el Shore, existiendo dos tipos: el utilizado para el hule blando y el usado para hules duros.

Dos aparatos muy importantes para probar las propiedades físicas del hule vulcanizado son: el Reómetro de disco oscilante y Viscosímetro Mooney.

Reómetro de Disco Oscilante.- Fue diseñado para medir las características de vulcanización completas de una muestra, calentada y mantenida bajo continua presión durante la vulcanización. El Reómetro proporciona una curva uniformemente continua del módulo elástico contra el tiempo de vulcanización. Esta curva es usada para pruebas de comparación directa. La muestra es colocada dentro de una cavidad de vulcanización bajo condiciones de precalentamiento y a una cierta presión. El disco oscila en un pequeño arco ejerciendo un esfuerzo cortante sobre la muestra. La fuerza (torque) requerida para la oscilación del disco es proporcional a la rigidez (módulo de corte) del hule. La rigidez de la muestra se incrementa cuando las cadenas transversales son formadas durante la vulcanización.

Obtenemos una curva de vulcanización completa cuando los valores de torque registrados se incrementen a un valor en equilibrio o a un valor máximo. El tiempo necesario para obtener una curva de vulcanización es una función de la temperatura de

la prueba y de las características de vulcanización de la muestra.

En el Reómetro pueden ser obtenidas las siguientes medidas:

1. Torque mínimo, M_L .
2. Tiempo de vulcanización inicial (tiempo de quemado), t_{sx} ; donde x es la cantidad de incremento sobre M_L .
3. Tiempo de vulcanización a x por ciento de torque desarrollado, $t_c(x)$.
4. Torque en equilibrio, MHF.
5. Torque máximo (curva de retroceso), MHR.
6. Torque Alto: es obtenido en una curva donde no hay valores de equilibrio ni valores máximos. M_H .
7. Índice de velocidad de vulcanización =
$$\frac{100}{(t_c(x) - t_{sx})}$$

(Esto es una velocidad aproximada de el parámetro de vulcanización, proporcional a la pendiente promedio de la curva de velocidad de vulcanización en la región de declive).

El torque mínimo es proporcional a la viscosidad del compuesto no vulcanizado. El tiempo de quemado es una medida de seguridad del proceso. Y el torque de vulcanización total es una medida del módulo de corte o rigidez del compuesto.

La curva mostrada en la figura I-7 describe la vulcanización a un torque en equilibrio. La curva de la figura I-8 describe una vulcanización a un torque máximo con reversión. Y la curva de la figura I-9 describe una vulcanización cuando no hay torque máximo ni torque de equilibrio.

TIPO DE CURVAS

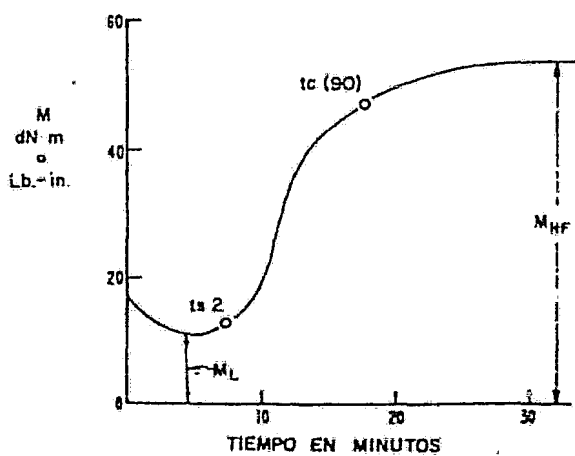


Fig. I-7

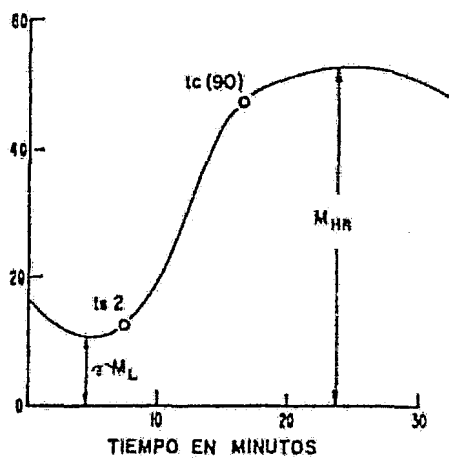


Fig. I-8

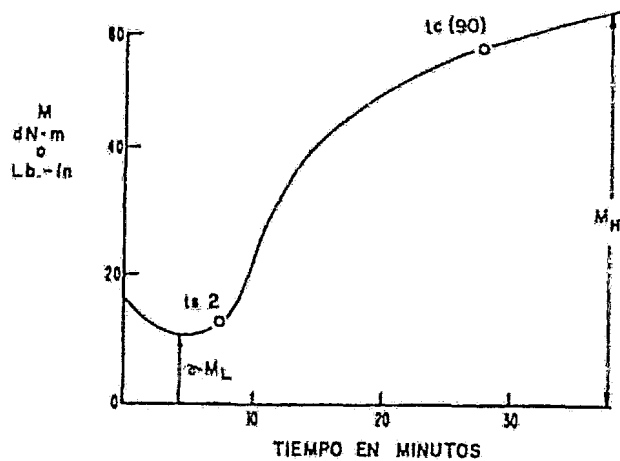


Fig. I-9

Fig. I-10

CURVA TIPICA DEL REOMETRO MONSANTO

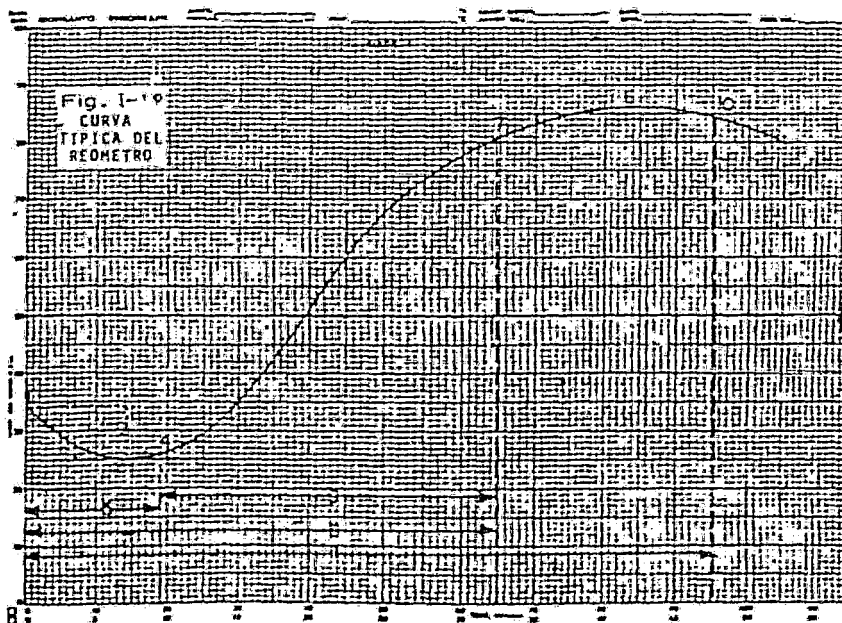
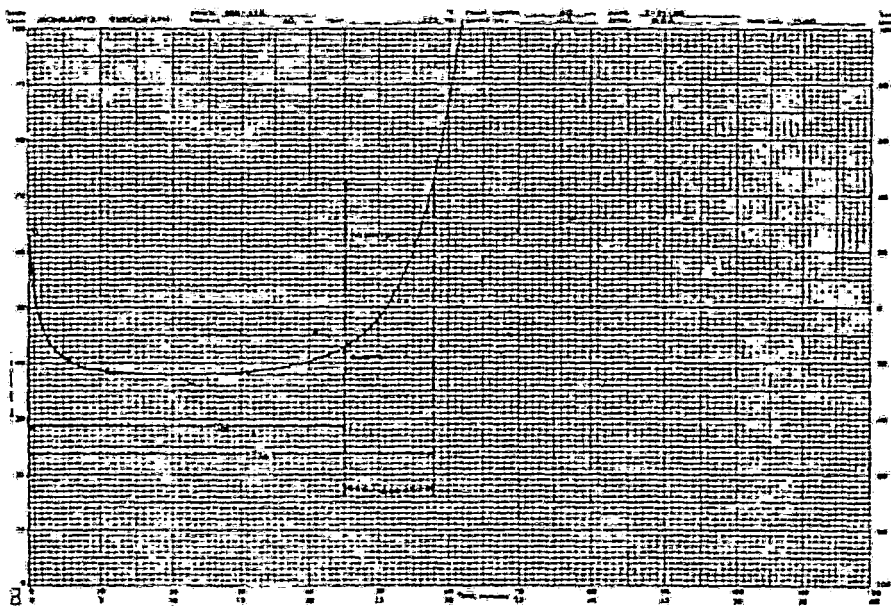


Fig. I-11

CURVA TIPICA DEL VISCOSIMETRO DE MOONEY



Viscosímetro Mooney.- Fue diseñado para medir la viscosidad de deslizamiento de el hule. La acción de deslizamiento es desarrollada por la rotación de un disco cónico que es encajado en una muestra de hule que esta colocado en una cavidad caliente, ejerce un esfuerzo cortante sobre la muestra, la fuerza requerida para mover el disco, o rotor, es una medida de la viscosidad absoluta media de la muestra. Normalmente, cuando comienza la rotación la muestra ya ha sido precalentada y se registra una viscosidad alta. La viscosidad decrece con el tiempo a un valor mínimo.

Los datos presentados a continuación son determinados por la curva obtenida de el viscosímetro.

V_i Viscosidad inicial

V_m Viscosidad mínima

T_5 Tiempo a 5 puntos arriba de V_m , tiempo de quemado

T_{35} Tiempo a 35 puntos arriba de V_m , tiempo de vulcanización

$T_{30} = T_{35}$ - Velocidad de vulcanización o índice de vulcanización.

Remanencia de hule.- Es la diferencia que subsiste entre la longitud de una muestra retraída y su longitud inicial.

Histeresis del hule.- Suponiendo que se realiza una prueba de tensión y la curva que obtenemos es la siguiente:

La curva 1 representa la curva de extensión y la curva 2 nos representa la curva de retracción. Donde la fuerza de tensión y el alargamiento disminuyen. La curva 2 no se superpone en

la primera y la distancia OA representa la remanencia. El fenómeno que se traduce por la no superposición de las curvas de ida y retorno recibe el nombre de Histeresis del hule.

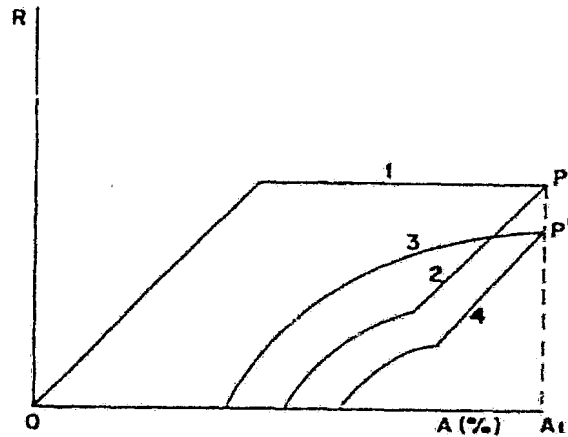


Fig. I-12

El área comprendida entre la curva, la ordenada PA_1 y el eje de las abscisas es proporcional a la energía suministrada al hule para alargarlo y por lo tanto el área comprendida entre la curva 2 la ordenada PA_1 y el eje de las abscisas es proporcional a la energía restituida por el hule durante su retracción. A medida que se van haciendo extensiones y retracciones se van obteniendo ciclos de histeresis, pero, más peque-

ños sucesivamente. En el caso de hule vulcanizado se producen los mismos fenómenos, interviniendo además la composición de la mezcla.

I.4 DISEÑO DE UNA FORMULACION

El diseñar una formulación consiste en:

- a) Seleccionar los tipos y especificar las cantidades de los ingredientes de una mezcla.
- b) La manera de realizar dicha mezcla
- c) Los pasos y precauciones necesarios para su proceso.
- d) El método y particularidades para su vulcanización.

Todo lo anterior debe ser hecho bajo las condiciones siguientes:

1. Producir un artículo adecuado a las condiciones del servicio que se requiere satisfacer.
2. Asegurarse que el costo total de los ingredientes y su transformación sea el mínimo posible.

La primera condición generalmente determina el tipo de elastómero que debe ser usado, así como el conjunto de propiedades físicas que será necesario satisfacer. La segunda, usualmente debe ser la mejor alternativa de una situación con variables de efectos opuestos. Por ejemplo: Podría no ser económica la producción de una mezcla con una velocidad de vulcanización alta, cuyo costo de vulcanización fuera muy bajo, si una proporción importante de la mezcla es necesario prevulcanizarla en

los estados anteriores de su proceso. Al igual que tampoco sería económica una mezcla que por el contrario requiera de tiempos muy grandes para su vulcanización, aunque no necesitara de material prevulcanizado.

El diseñador de una formulación llamado formulista, necesita tener además del conocimiento profundo de las propiedades y efectos de los ingredientes potenciales de una mezcla, el conocimiento de la condiciones de servicio del artículo. Además, debe conocer perfectamente toda la maquinaria y equipo de producción existentes, las ventajas y desventajas de los diversos métodos con que el mismo artículo pudiera ser producido, el costo relativo de los mismos, etc. El formulista debe desarrollar un criterio en el que pueda trabajar en el plano calidad/costo.

Diseño y Desarrollo de una Fórmula:

Una formula generalmente está constituida de la manera siguiente:

1) Base elastomérica

- . Hule Natural
- . Hule Sintético
- . Mezclas de Natural con Sintético
- . Mezclas de Sintéticos
- . Hule regenerado
- . Látex

- 2) Agentes Reforzantes
 - . Negros de Humo
 - . Cargas no Negras
 - . Mezclas

- 3) Antidegradantes
 - . Antioxidantes
 - . Antiozonantes
 - . Ceras Parafínicas

- 4) Auxiliares de Reproceso
 - . Peptizantes
 - . Facticios
 - . Plastificantes
 - . Agentes de Adhesión
 - . Lubricantes Internos

- 5) Sistema de Vulcanización
 - . Agentes vulcanizantes
 - Azufre
 - Donadores de Azufre
 - Peróxidos
 - Selenio o Telurio
 - . Activadores
 - Orgánicos
 - Inorgánicos o Metálicos
 - . Inhibidores

- . Aceleradores
 - De rapidez media
 - Rápidos
 - Ultra Rápidos
 - De acción retardada

6) Ingredientes varios

- . Colorantes
- . Odorizantes
- . Esponjantes
- . Ingredientes para acabados especiales.

II. DISEÑO

II. DISEÑO

II.1 CONDICIONES DE DISEÑO

- a) Producir un artículo adecuado a las condiciones del servicio que se requiere satisfacer.
- b) Asegurarse que el costo total de los ingredientes y su transformación sea el mínimo posible.

II.2 ELASTOMERO.

La primera condición de diseño generalmente determina el tipo de elastómero que debe ser usado, así como el conjunto de propiedades físicas que será necesario satisfacer.

Inicialmente se utilizaron formulaciones con elastómeros de uso general, tales como hule natural y estireno-butadieno, con resultados favorables por su resistencia a las fuerzas de tensión y al envejecimiento por calor; y, poco favorables por su alta permeabilidad a los gases y al vapor de agua.

Lo anterior, promovió que los formulistas realizaran pruebas con el hule poliisobutileno-isopreno (hule butilo) dado que este polímero tiene una alta impermeabilidad al aire y otros gases, y excelente resistencia a la luz solar y al envejecimiento por temperatura. Además, se disponía de experiencia para su manejo en proceso en la industria llantera por su utilización masiva en la fabricación de cámaras neumáticas.

Sin embargo, el butilo por su baja insaturación, tiende a ser

incompatible con otros elastómeros, lo que resultó en fallas continuas en la vulcanización de la llanta sin cámara, dado que el butilo se encontraba en contacto con hules de alta insaturación.

Apoyados los formulistas con la tecnología desarrollada por los investigadores SPARKS y THOMAS, para la vulcanización del hule butilo, se llevó a cabo el desarrollo de un polímero que fuera compatible con hules de alta insaturación conservando las propiedades impermeables del hule butilo.

El resultado de las investigaciones llevadas a cabo en los laboratorios de EXXON CORPORATION en Linden, New Jersey, fué el descubrimiento —por un grupo de científicos— del hule poliisobutileno-isopreno clorado (hule Clorobutilo), que es un copolímero con una inserción de cloro activo en la cadena hidrocarbonada.

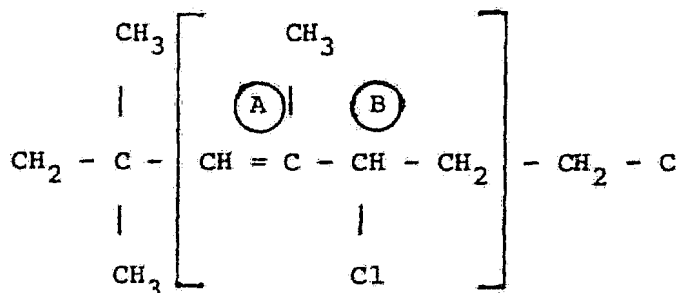
Este cloro activo, le imparte las propiedades necesarias para ser compatible con otros elastómeros y utilizarlo en la manufactura de membrana impermeable para llantas sin cámara.

II.3 ESTRUCTURA MOLECULAR DE CLOROBUTILO

Las propiedades del clorobutilo se deben a su estructura señalada en Fig. II-1 que está formada de unidades repetidas de isobutileno e isopreno, similares al hule butilo. Existen de 1 a 2 moléculas de isopreno por cada cien moléculas de isobu-

tileno en ambos polímeros.

La diferencia fundamental es el cloro activo insertado en el carbonato alílico (B) que es altamente reactivo por encontrarse junto a una doble ligadura (A), en las moléculas de isopreno.



Estructura de isobutileno Estructura de isopreno clorada Estructura de isobutileno

Fig. II-1

El cloro alílico permite una mayor reactividad, aumentando la velocidad y sistemas utilizados para la vulcanización.

Esta nueva reactividad es compatible con la vulcanización de hules de uso general con alta insaturación, lo que permite una serie completamente nueva de formulaciones para muchas aplicaciones, incluyendo la membrana impermeable.

II.4 FORMULACION

A continuación se presenta una fórmula típica para ilustrar el empleo de los diferentes ingredientes. Esta fórmula es para relleno o membrana impermeable de llanta radial para automóvil.

<u>Ingredientes</u>	<u>Partes en peso por cien partes de hule (PHR)</u>	<u>Función</u>
Clorobutilo	65.0	Elastómero
Hule natural	35.0	Elastómero
Negro GPF	70.0	Reforzante
Blanco de España	50.0	Reforzante
Aceite parafínico	12.0	Ablandador
Acido esteárico	1.0	Activador orgánico.
Oxido de Magnesio	0.5	Inhibidor inorgánico.
Oxido de Zinc	3.0	Agente de vulcanización.
Vultac 5	1.0	Acelerador
MBTS	1.0	Acelerador

Fig. II.2

Está fórmula indica los ingredientes por cada 100 partes de hule. La unidad de masa puede ser el gramo, el kilogramo o la libra y la totalidad de la fórmula puede multiplicarse o dividirse por cualquier factor, de acuerdo con la capacidad de la unidad en que será mezclada, Fig. II.2.

La fórmula expresada en porcentaje no es usada por el formulista.

Por lo anterior, al hablar de un ingrediente en particular, estará referido a 100 partes de elastómero (PHR) o (phr).

II.5 COSTO

La segunda condición de diseño está dada por el costo total de los ingredientes y su transformación para obtener el producto final; y en el caso que nos ocupa ha sido variable a través del tiempo por altas y bajas en el precio y consumo del hule natural.

Sin embargo, a través del tiempo las evaluaciones de costo comparativo, de fórmulas con 100 0/o de Clorobutilo han sido menos atractivas que las mezclas de Clorobutilo con hule natural o estireno-butadieno. Tabla VI-1.

El resultado final de las evaluaciones se ha dirigido a favorecer el uso de Clorobutilo en todas las formulaciones de membranas impermeables o relleno. Los datos específicos se proporcionan en Tablas localizadas en el Apéndice.

III. ESPECIFICACIONES COMERCIALES

III. ESPECIFICACIONES COMERCIALES

III.1 TIPOS DE CLOROBUTILO

Especificaciones

GRADOS	10-66		10-67		10-68	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Viscosidad Mooney ML(1+8 mín) a 100°C (212°F) ML(1+3 mín) a 127°C (260°F)	51	60	61	70	50	60
Cloro, % en peso	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3
Calcio, ppm	700	1200	700	1200	700	1200
Cenizas, % en peso		0.5		0.5		0.5
Volátiles a 105°C (221°F) % en peso		0.7		0.7		0.7
Agua, % en peso		0.3		0.3		0.3
Estabilizador, (1) % en peso	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Propiedades físicas, (2) 60 mín. vulc. a 153°C Modulo a 300%, elongación, psi	700		700		700	

Inspecciones típicas

Color	Ambar ligero
Gravedad específica	0.92
Insaturación, % en moles	1.1-1.7
Viscosidad promedio - Peso molecular	350,000-400,000

- (1) Hidroxitolueno de butilo
 (2) Determinado en un compuesto estándar con la siguiente formulación:
- | | |
|---------------------|------------|
| Clorobutilo | 100 partes |
| Negro SRF (NBS-382) | 50 |
| Acido esteárico | 1 |
| Oxido de Zinc | 5 |

Fuente de suministro
 Estados Unidos de América (USA)

III.2 ESPECIFICACION DEL FABRICANTE.

Esso Chemical Butyl HT Rubber (chlorobutyl)**Specifications**

GRADES	10-66		10-67		10-68	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Mooney Viscosity ML (1+8 min.) at 100°C (212°F) ML (1+3 min.) at 127°C (260°F)	51	60	61	70	50	60
Chlorine, Wt %	1.1	1.3	1.1	1.3	1.1	1.3
Calcium, ppm	700	1200	700	1200	700	1200
Ash, Wt %		0.5		0.5		0.5
Volatiles at 105°C (221°F), Wt %		0.7		0.7		0.7
Water, Wt %		0.3		0.3		0.3
Stabilizer, ⁽¹⁾ Wt %	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Physical Properties, ⁽²⁾ {60 min. cure at 153°C (307°F)} Modulus at 300% Elongation, psi	700		700		700	

Typical Inspections

Color	Light Amber
Specific Gravity	0.92
Mol % Unsaturation	1.1—1.7
Viscosity Average—Molecular Weight	350,000—400,000

(1) BHT—butylated hydroxytoluene

(2) Determined on a standard compound of the following formulation:

Esso Butyl HT	100 parts
SRF Black (NBS-382)	50
Stearic Acid	1
Zinc Oxide	5

Product source

U.S.A.

IV. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

IV. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

IV.1 PERMEABILIDAD AL AIRE

En la Tabla IV-1 se presente un resumen de la permeabilidad relativa al aire de diversos elastómeros comerciales, que se usan en la formulación de rellenos. La permeabilidad de los compuestos de butilo y de Clorobutilo es de un tercio de la del SBR con alto contenido de estireno; de menos del 20% del compuesto regular SBR y de una séptima parte de la fórmula con hule natural. Además, el Clorobutilo conserva sus ventajas de permeabilidad a altas temperaturas.

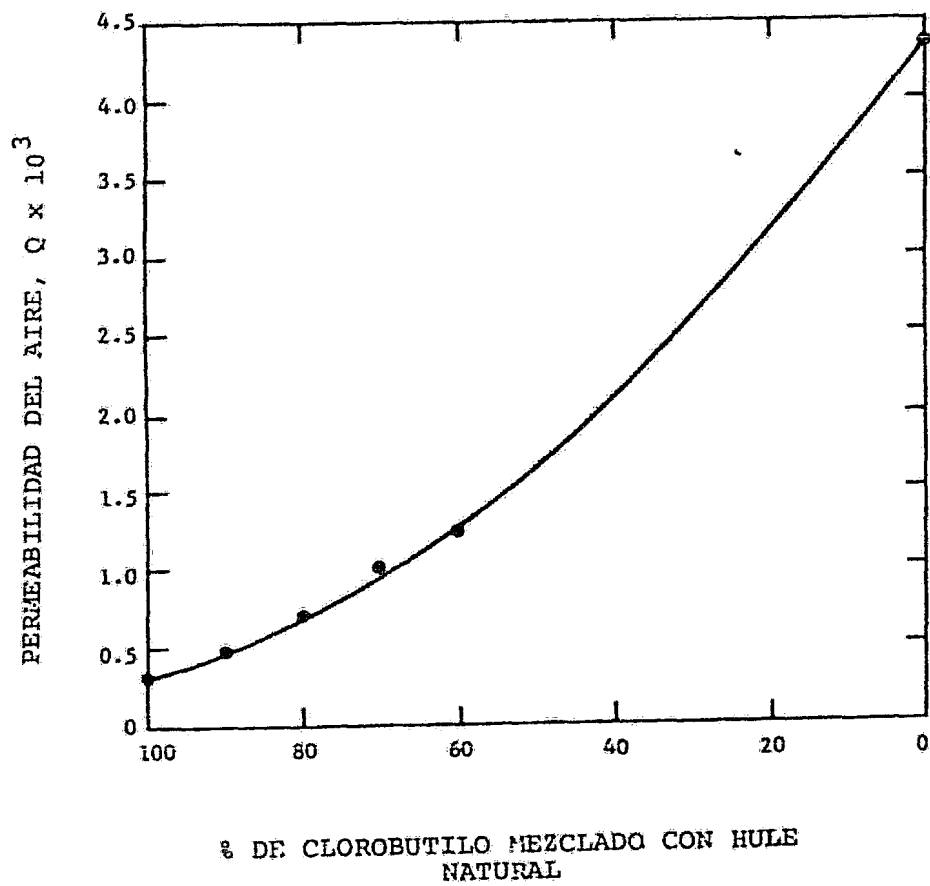
Como se esperaba, la permeabilidad de un compuesto para relleno depende de la composición de la mezcla de elastómero, el contenido de Clorobutilo y el espesor del relleno. Se sabe que la concentración de Clorobutilo ejerce una influencia básica en la permeabilidad. En la Fig IV-1 se muestra el efecto de la concentración de Clorobutilo sobre la permeabilidad.

IV.2 RESISTENCIA AL CALOR

En la Tabla IV-2 se muestra la resistencia al calor de diversos compuestos típicos para relleno. Como puede observarse, el compuesto (65 Clorobutilo/25 Hule Natural/18 Butilo regenerado) presenta la mejor retención de las propiedades físicas y la más baja permeabilidad al aire sin envejecimiento. En la Fig. IV-2 se muestra la resistencia de los rellenos Clorobutilo a los agrietamientos producidos por el calor. Las características del envejecimiento al calor de los rellenos de Clorobutilo han

Fig. IV-1

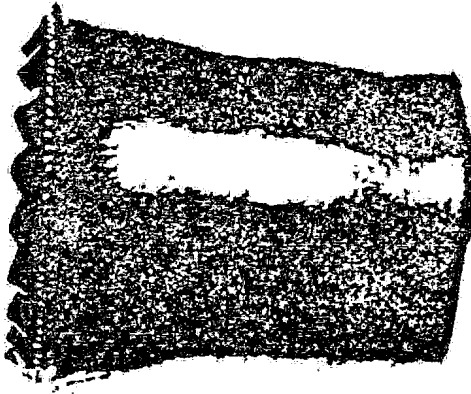
PERMEABILIDAD AL AIRE CONTRA CONTENIDO DE CLOROBUTILO A 24°C (75°C)



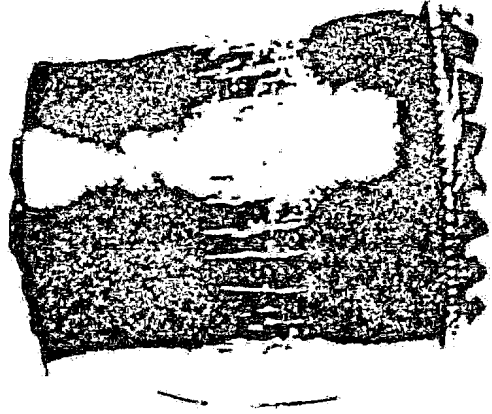
DEGRADACION POR TEMPERATURA DE RELLENOS PARA LLANTAS SIN CAMARA

TEMPERATURA DEL HOMBRO

120°C ± 3°C



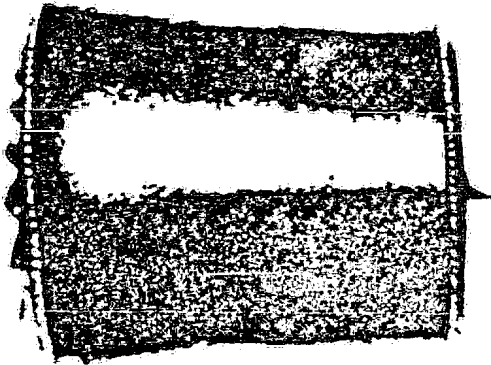
CLOROBUTILO
(DESPUES DE 189 HORAS)



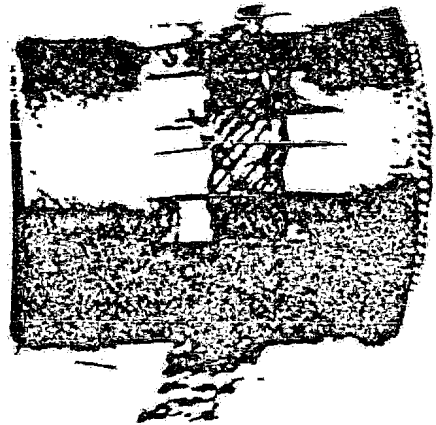
SBR
(DESPUES DE 161 HORAS)

TEMPERATURA DEL HOMBRO

143°C ± 3°C



CLOROBUTILO
(DESPUES DE 51 HORAS)



SBR
(DESPUES DE 19 HORAS)

impulsado su utilización en llantas para camiones y mueve tierras fuera de carretera en las que frecuentemente se presentan altas temperaturas debido a las condiciones severas de servicio.

También se ha visto que los valores de permeabilidad de rellenos envejecidos de Clorobutilo son menores que los valores sin envejecer y se observan valores contrarios cuando los rellenos no contienen Clorobutilo, dado que la permeabilidad aumenta al envejecimiento por calor. En la Tabla IV-3 se muestran los valores típicos.

Se comprobó que el incremento en la permeabilidad de los compuestos envejecidos que no contienen Clorobutilo, era el resultado del endurecimiento y el agrietamiento observados en las muestras. Se supone que las numerosas y pequeñas cuarteaduras superficiales mencionadas fueron causadas por oxidación en la cadena hidrocarbonada. Se supone que estas cuarteaduras se presentan durante el servicio en el campo.

IV.3 RESISTENCIA A LA TENSION

Los estudios de laboratorio y los datos de pruebas controlados para llantas han demostrado que el uso de Clorobutilo en compuestos para relleno interno proporciona una excelente resistencia a la tensión. Una evaluación típica incluyó un compuesto (70 Clorobutilo/Hule natural) y dos rellenos de SBR con módulo alto y bajo, respectivamente. Se utilizaron probetas pa-

ra tensión "tensile specimens" para aplicarles dos condiciones de prueba: tensión y carga iguales.

Los resultados de la prueba, que se muestran en las Tablas IV-4 y IV-5, indican que en ambos casos falló el relleno de SBR mientras que el de Clorobutilo no sufrió ningún deterioro aparente. En el relleno de SBR de módulo alto se encontró una severa separación de láminas de hule, mientras que el relleno de SBR de módulo bajo experimentó grietas profundas y caída de la tensión.

También se observaron ventajas similares de desempeño en el Clorobutilo cuando se evaluaron muestras para identificar la fatiga a la tensión en el Flexometro De Mattia. Puede asumirse que el deterioro mostrado por las muestras de SBR, afecta adversamente a las propiedades de retención de aire en los rellenos correspondientes

IV.4 PRESION INTERNA DE LA CARCASA. (PIC)

Se ha observado que la presión interna de la carcasa, ejerce una influencia determinante en el desempeño de la llanta. Esta presión interna se origina por la migración del aire desde la cavidad interna hacia el exterior, y por la resistencia que ofrecen las paredes laterales y el recubierto de la llanta. (PIC) contribuye a las fallas por separación de las capas entre sí, o con el recubierto.

Los parámetros conocidos que intervienen en la (PIC) son el espesor y la permeabilidad del compuesto del relleno, y la resis-

tencia al calor (las grietas provocadas por el calor reducen notablemente las propiedades retenedoras de aire del relleno).

Se ha logrado la medición experimental de (PIC) usando una aguja hipodérmica unida a un calibrador, como se muestra en la Fig. IV.3. También se ha elaborado un modelo matemático que concuerda estrechamente con los resultados experimentales⁽¹⁾.

Esta fórmula se usa para calcular la (PIC) con computadora. Como se muestra en la Fig. IV-4, existe gran concordancia entre los datos observados y los calculados.

En la Tabla IV-6, se muestra la relación entre el desarrollo de la presión interna de la carcasa y el desempeño relativo de la llanta. Cuanto menor sea la presión interna, mayor será la duración de la llanta.

IV-5 DESEMPEÑO DE LA LLANTA.

Se han realizado programas conjuntos con productores de llantas que utilizan el Akron Standard Tread Separation Tester (ASM), desarrollado por los laboratorios de Exxon Corporation y que es utilizado para determinar el punto de separación del recubierto bajo condiciones críticas, Fig. IV-5.

A continuación se presenta un resumen de datos generados como

1) Banks, S.A., et al, "The Effect of Intracarcass Pressure Build-Up on Tubeless Performance," Rubber Chemistry and Technology, Vol. 38, No. 1, p. 158 (1965)

Fig. IV-3

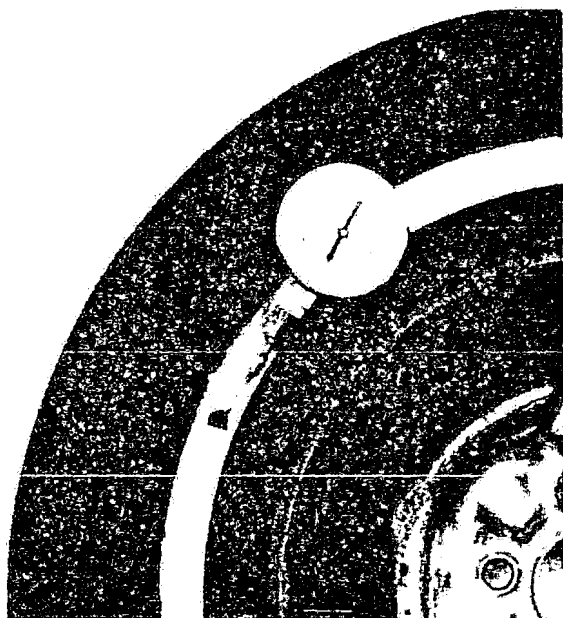
MANOMETRO CON AGUJA HIPODERMICA PARA
DETERMINAR LA PRESION INTERNA DE LA
CARCASA



Fig. IV-4

PRUEBAS PARA MEDIR LA PRESION INTERNA DE LA CARCASA EN LLANTAS
SIN CAMARA

RELLENO DE SBR



RELLENO DE CLOROBUTILO

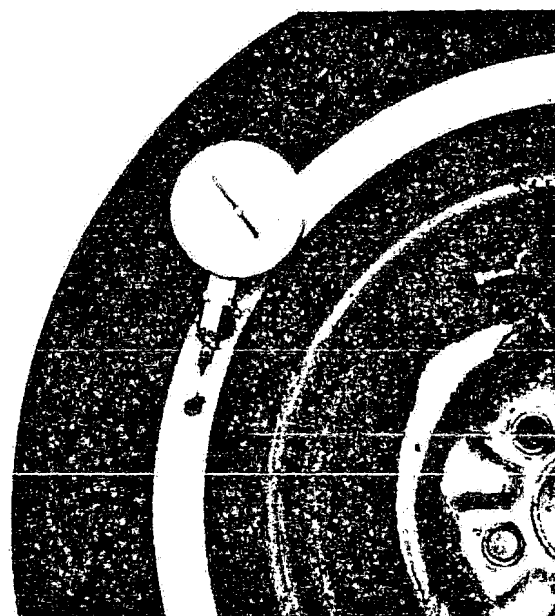


Fig. IV-3

AKRON STANDARD TREAD SEPARATION TESTER (ASM) UTILIZADO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE SEPARACION DEL RECUBIERTO Y CAPAS BAJO CONDICIONES CRITICAS.

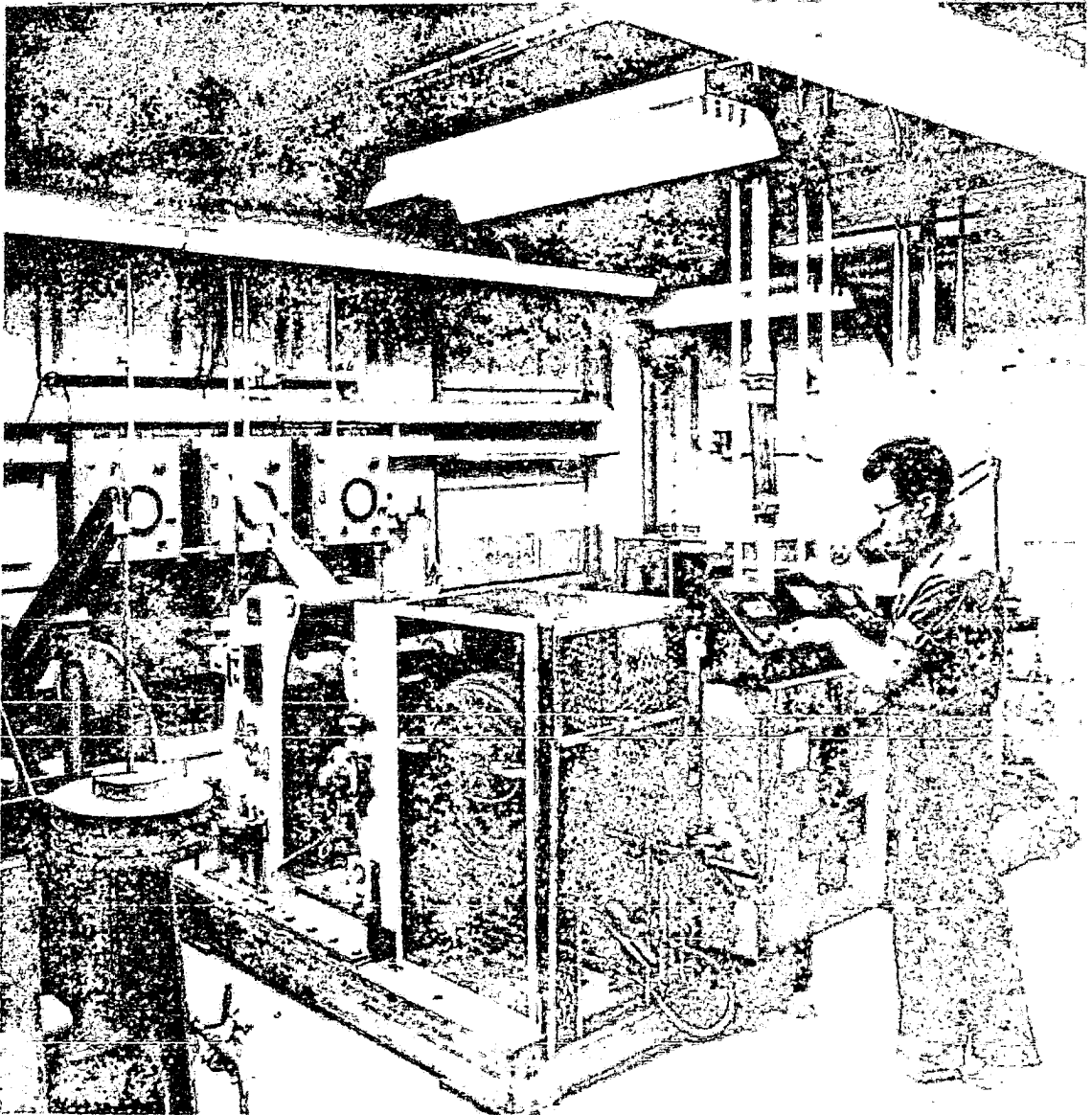


Fig. IV-6

FALLAS TÍPICAS EN LLANTAS POR SEPARACION DEL RECUBIERTO (MUESTRA SUPERIOR) Y CAPAS (MUESTRA INFERIOR).

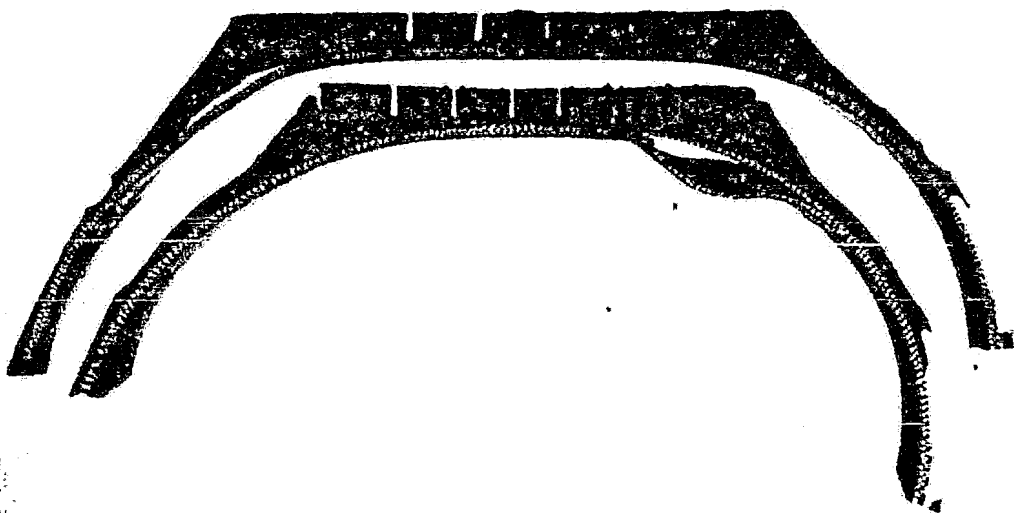
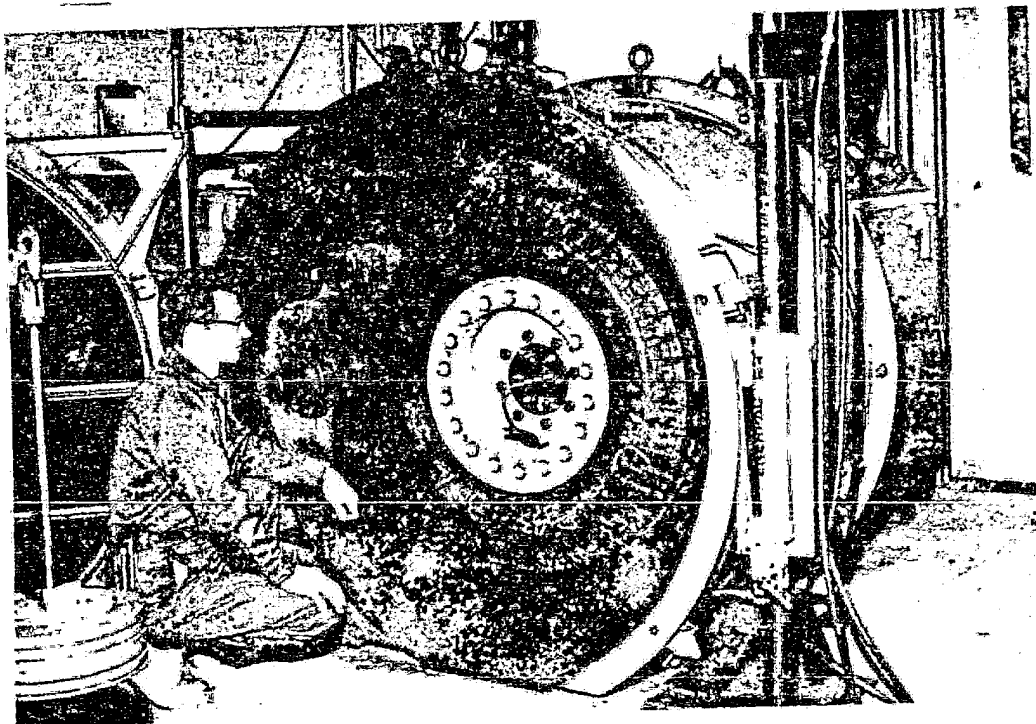


Fig. IV-7

AKRON STANDARD TREAD SEPARATION TESTER (ASM), UTILIZADO PARA PRUEBA DE LLANTAS DE CAMION EN CAMARA DE OZONO.



resultados de tales programas:

Caso A.- La prueba se hizo en llantas de nylon de cuatro capas. La prueba (ASM) de durabilidad de la llanta, indicó ventajas del 49% y 45% para los rellenos Clorobutilo. Lo que señala que una presión interna reducida en la carcasa, aumenta la durabilidad de la llanta. Otras pruebas para llantas con abrazadera, demostraron ventajas del 99 y 82% para los rellenos de clorobutilo. En la Tabla IV.7 se muestran los datos obtenidos.

Caso B.- Se evaluaron llantas de rayón de dos capas, y no se encontraron agrietamientos como en el caso anterior. Las diferencias en el desempeño se atribuyeron al desarrollo de (PIC). En la Tabla IV.8 se presentan los valores y las condiciones de la prueba.

Caso C.- Se han encontrado ventajas similares de desempeño al emplear rellenos de Clorobutilo para llantas con capas radiales. En la Tabla IV.9 se muestran los datos resultantes.

A partir de los datos señalados en los casos anteriores se concluye que es posible obtener un desempeño máximo de la llanta mediante la utilización de un relleno de Clorobutilo con espesor de 47 milésimas de pulgada. Sin embargo, este método tendrá un costo más elevado que el uso de un relleno convencional. Con costos iguales del compuesto, el relleno de Clorobutilo mantiene un desempeño superior y se ha demostrado que proporciona un desempeño equivalente a los rellenos que no son de Clorobutilos a un costo menor, lo que se presenta a continuación.

IV.6 CONSIDERACIONES DE COSTO Y DESEMPEÑO

. REDUCCION DEL ESPESOR

En la Tabla IV.10 se muestra un ejemplo del método para obtener el equilibrio deseado entre costo y desempeño. Esto se logra variando el espesor de los rellenos.

Las cantidades se señalan en dólares por llevarse a cabo las pruebas en USA y por los cambios significativos de paridad de pesos a dólares en los últimos tiempos; y, en milésimas de pulgada por estar calibrados todos los aparatos de la industria hulera de México y USA en dichas unidades.

En este ejemplo, un relleno comercial que no es de Clorobutilo, con un costo de 0.15 dólares/libra-volumen, es calandrado a un espesor de 60 milésimas de pulgada y transformado en una llanta de 8.25 x 14. El relleno indicado cuesta 0.355 dólares/llanta, mientras que el relleno de Clorobutilo con igual espesor costaría 0.46 dólares/llanta.

Sin embargo, si se toma ventaja de la menor permeabilidad y la mayor resistencia al calor y a la tensión de la fórmula de relleno de Clorobutilo; se puede reducir el espesor calandrado de 60 a 46 milésimas de pulgada a 77% del espesor de control y dar como resultado una mejor durabilidad de la llanta a un costo igual por llanta.

Una reducción adicional del espesor al 65% del control, que no es de Clorobutilo permite ahorrar .05 dólares/llanta. Como se

muestra en la Tabla IV-11, se obtuvo una ventaja del 20% de durabilidad en llantas de dos capas para equipo original con relleno de Clorobutilo con únicamente el 65% del espesor del relleno de control

La reducción en el espesor del relleno no alteró las características de resistencia al calor del relleno interno de clorobutilo usado a espesor total y todas las llantas permanecieron libres de agrietamientos.

La reducción en el espesor para obtener un costo equivalente o menor puede llevarse a cabo mediante el uso de las curvas de correlación de costo mostradas en la Fig. IV,6. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que existen límites en el espesor del relleno. Los rellenos demasiado delgados pueden originar problemas de producción y no tendrán la durabilidad mínima requerida. Generalmente, los rellenos con alto contenido de Clorobutilo pueden emplearse al 60% del espesor original del relleno que no es de Clorobutilo.

. MEZCLA DE COMPUESTOS

Es posible modificar los compuestos para relleno a fin de disminuir el costo, se aprovecha el uso de materias primas más baratas. Para ello, se utiliza caolín en lugar de negro de humo, se aumentan las cargas sólidas y el aceite; y, se utilizan sistemas de vulcanización de costo más bajo.

Sin embargo, debe asegurarse de que no se deterioren las propiedades físicas.

No se recomienda la reducción del contenido de Clorobutilo como método para abatir los costos. Parece ser que el mejor enfoque para reducir los costos es disminuir el espesor del relleno.

V. PROCESO DE MANUFACTURA

V. PROCESO DE MANUFACTURA

V.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

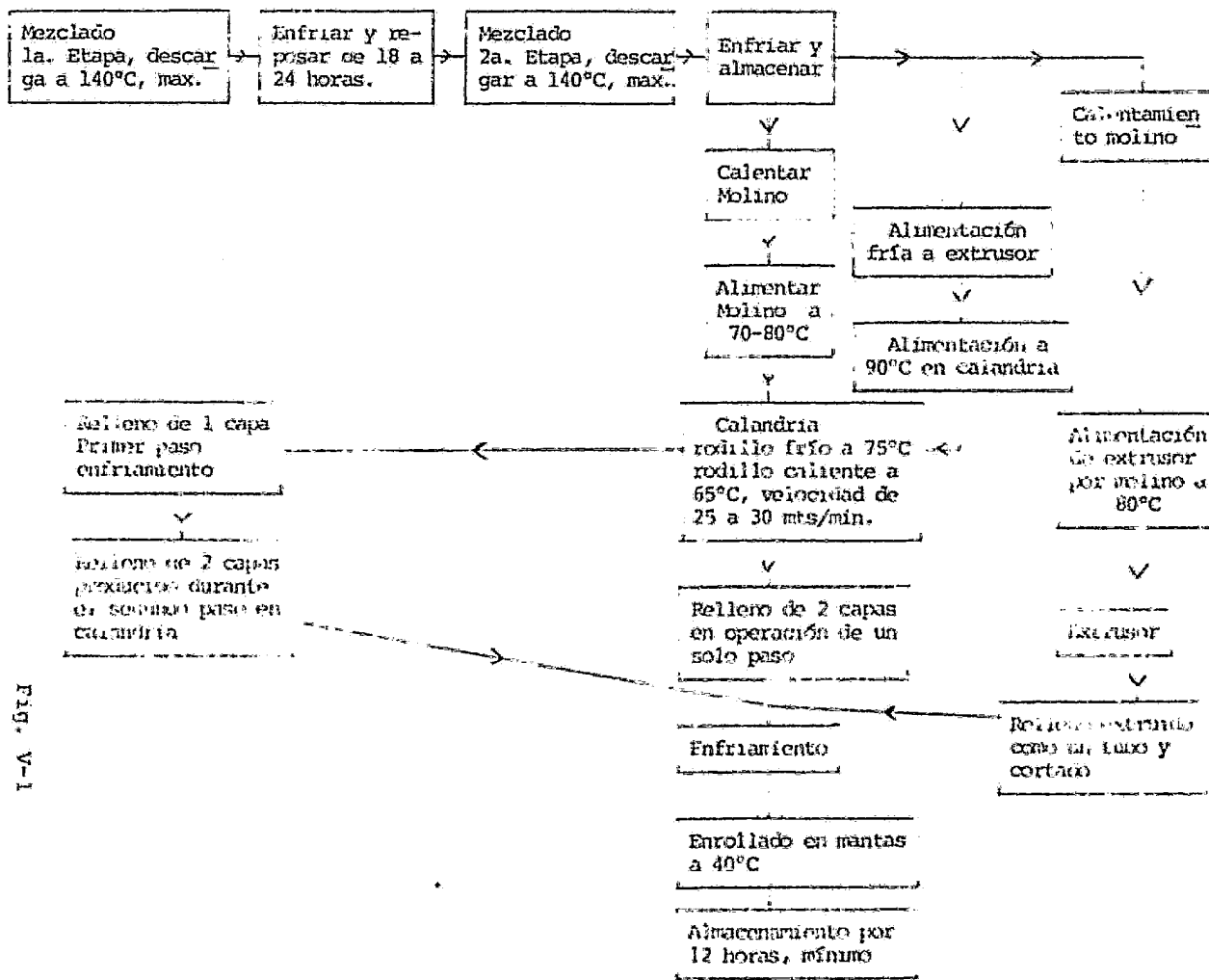


Fig. V-1

V.2 MEZCLADO

. EQUIPO:

BANBURY No. 11

200 litros de capacidad normal

40 r.p.m.

95 a 100% de carga, que equivalen de 220 a 240 kg. dependiendo de la gravedad específica.

. CICLO

a) Primera etapa: 100% de carga a 40 r.p.m.

0 min. Polímero + negro de homo + aceite + MgO

1 min. Blanco de España + ácido esteárico

140°C Descargar y enfriar.

b) Segunda etapa: 80% de carga a 40 r.p.m.

6 100% de carga a 20 r.p.m.

0 min. Concentrado de la etapa (MB) + agentes vulcanizantes.

110°C Descargar y enfriar

-El óxido de zinc es un agente de vulcanización y deba añadirse con los similares. Si se agrega en la primera etapa puede producir hule quemado.

-El óxido de magnesio retarda el quemado y debe agregarse con el negro de humo para obtener la máxima protección. El almacenamiento de MgO en recipientes abiertos lo convierte en carbonato, reduciendo su actividad. Es necesario investigar diferentes grados comerciales ya que la reactividad varía de un

grado a otro.

- Las temperaturas de descarga son más críticas con los sistemas de vulcanización basados en Vultac.
- También se requiere un control estricto de la temperatura si se descarga el compuesto a un extrusor con troquel (dado) cilíndrico.
- El compuesto con 100 PHR de Clorobutilo es mucho menos sensible al control de la temperatura y pueden usarse temperaturas de descarga de 145 a 150°C. Esto proporcionará una mejor dispersión del negro de humo y en consecuencia, una mejoría en la resistencia a la tensión.
- El material obtenido en la primera etapa de mezclado (masterbatch) debe reposar 24 horas antes de la etapa final.

V.3 CALENTAMIENTO DE LA CARGA PARA CALANDRIA O EXTRUSOR.

. CON MOLINOS

- Es el método más común de preparar la carga para calandria o extrusor.
- El Clorobutilo se incorpora al cilindro más frío y más rápido.
- La relación de la fricción en el molino debe ser de 1.05 a 1.10 para obtener mayor velocidad en el rodillo frontal.
- Si es posible, el rodillo posterior debe ser acanalado.

-Es preferible una operación con dos molinos:

- a) Molino de calentamiento
- b) Molino de carga

Esto asegura que la carga para calandrias o extrusor tenga una temperatura y calidad constantes.

-El rollo de alimentación "banco" en ambos debe ser lo más pequeño posible para reducir al mínimo el atrapamiento de aire por el material.

-La temperatura del molino de carga debe ser de 70-80°C.

-Se prefiere la técnica de "cortar y enrollar" sobre el procedimiento regular de dejar caer el material en la charola del molino. La primera técnica requiere mayor pericia pero reduce en gran medida el aire atrapado en el material. Esto puede identificarse rápidamente por la reducción del ruido debido al rompimiento "cracking" dentro del material.

. CON EXTRUSOR

-Se recomienda la alimentación forzada al extrusor con el fin de prevenir la falta de carga y la resultante formación de burbujas.

-La temperatura en las diferentes áreas de la camisa del extrusor debe regularse para proporcionar una temperatura de carga a la calandria de 70-85°C. En algunos extrusores podría ser difícil lograrlo, en tal caso, todas las áreas calentadas deben fijarse a un nivel mínimo. Si se permite que la tempe-

ratura de carga a la calandria, proveniente del cabezal del extrusor se eleve a 95°C, se podrían presentar problemas durante el calandreado.

-Generalmente se usa este método para proporcionar una tira continua de carga a la calandria. Por lo tanto, es factor esencial la sincronización de las velocidades del extrusor y la calandria para lograr:

- a) reducir al mínimo el rollo de alimentación "banco" en la calandria y
- b) evitar el quemado del compuesto dentro de la camisa del extrusor, que resulta de las reducciones de velocidad.

V.4 CALANDREADO DE RELLENOS.

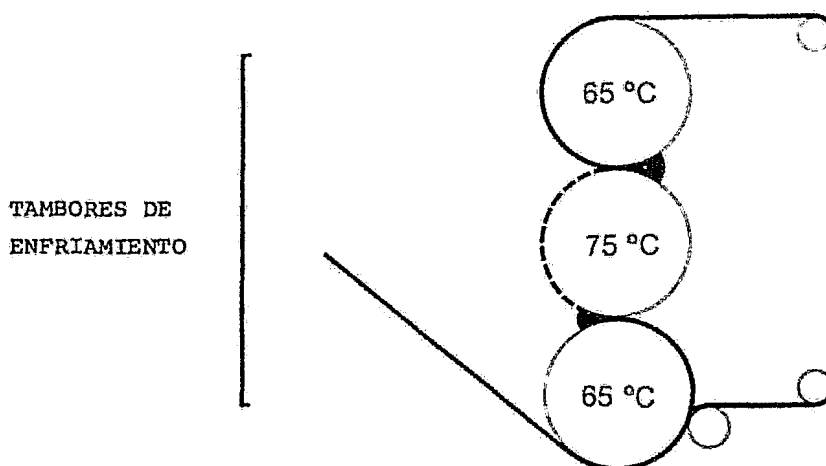
1) CONFIGURACIONES DE LA CALANDRIA

. Las configuraciones más comunes se señalan a continuación y los diagramas correspondientes se detallan en el Apéndice.

Fig.

- a) vertical de 3 rodillos
- b) vertical de 3 rodillos con el rodillo central fuera de lugar.
- c) vertical de 4 rodillos - usualmente 2 x 2
- d) "L" invertida de 4 rodillos
- e) 2 rodillos - capas producidas por separado
empalme logrado con un rodillo diagonal
- g) 2 rodillos - empalme y enrollado automático.

CALANDRIA DE TRES RODILLOS VERTICALES - UN SOLO PASO



- GENERALMENTE LA ALIMENTACION ES POR EL FRENTE
- EL ROLLO INFERIOR SE FORMA POR EL SOBRANTE DE LAS ORILLAS DEL ROLLO DE ALIMENTACION SUPERIOR

CALANDRIA DE TRES RODILLOS VERTICALES - DOS PASOS

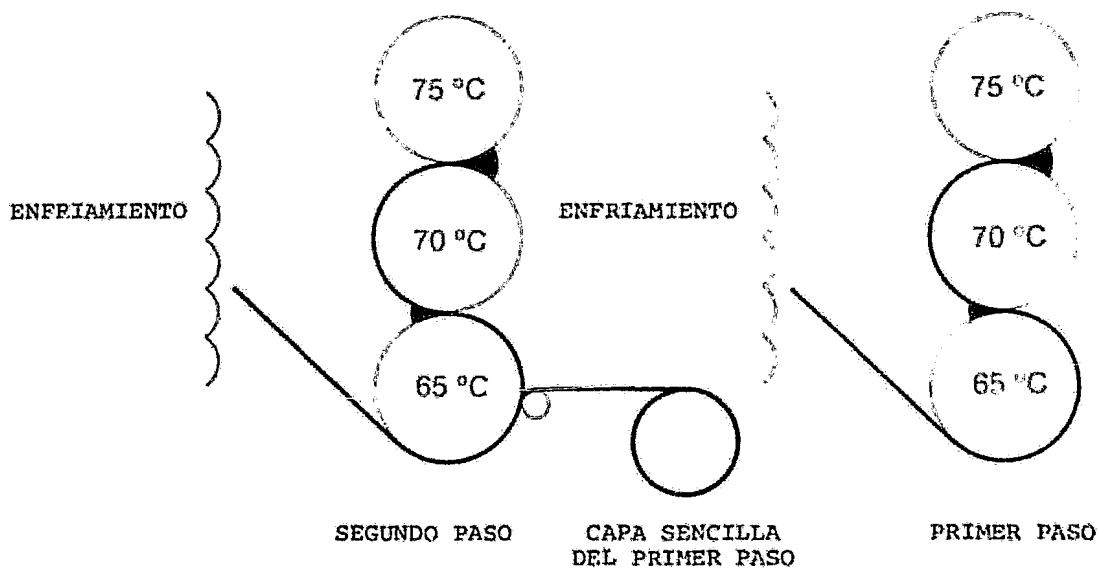


Fig. V-2

2) PRODUCCION DEL RELLENO

- . Los rellenos se producen generalmente a partir de dos láminas calandreadas y empalmadas para reducir al mínimo los defectos de agujeros pequeños.
- . Se puede emplear una operación de uno o dos pasos.
- . En algunos casos se puede empalmar el relleno con un compuesto para ceja o con la primera capa de la carcasa. No debe promoverse el empalme con la carcasa, ya que puede originar problemas de traslapado durante la construcción de la llanta.
- . La calandria se puede alimentar de forma continua o con rollos de material.

3) CONDICIONES DE LA CALANDRIA

- . Asegurarse que los rodillos de la calandria estén limpios. Muchas calandrias se usan para gran número de diferentes compuestos y después de un tiempo los rodillos se recubren de material resinoso. Esto puede afectar la descarga de la calandria y originar una tensión en el relleno.
- . El Clorobutílo se incorpora al rodillo más frío, por lo cual se recomienda un diferencial de temperatura de 10°C entre los rodillos de la calandria.
- . Debe aplicarse la temperatura mínima que ofrezca una buena descarga de la calandria. Esto ayudará a lograr una opera-

ción más eficiente de los rodillos enfriadores del relleno.

- . La temperatura inicial de los rodillos debe ser:

Rodillo frío a 65-70°C

Rodillo caliente a 75 a 80°C

- . Los rollos de alimentación para la calandria deben mantenerse al volúmen mínimo posible.
- . En el caso de un relleno de dos capas producido en un solo paso, el enfriamiento de las capas individuales antes del empalme mejora la consolidación.
- . El ángulo de empalme debe ser mayor de 90°, con presión positiva de consolidación en ambos lados del relleno.
- . Se puede usar un rodillo con guía helicoidal en el lado interior de las dos capas a fin de reducir al mínino el aire atrapado entre las capas.
- . Es conveniente enfriar al máximo el relleno ya que se obtiene una retención máxima de viscosidad, cuando la temperatura de enrollado es inferior a 40°C'
- . Debe asegurarse la sincronización de las velocidades de los rodillos de la calandria, los tambores de enfriamiento y el rodillo de enrollado. El diferencial de velocidad en todo el sistema no debe exceder más de 1.5-2% a favor del rodillo de enrollado. Es estiramiento excesivo sólo origina encogimiento y la posible apertura de los empalmes.

- . Se pueden usar rollos de manta de algodón o polipropileno para almacenar el relleno calandreado, pero no deben tener:
 - a) Grasa, polvo o humedad
 - b) Dobleces
 - c) Agujeros o rasgaduras
 - d) Orillas muy gastadas

- . Debe permitirse que el relleno calandreado repose toda la noche antes de usarse con el fin de:
 - a) Asegurar que el compuesto se ha enfriado totalmente
 - b) Permitir cierto grado de relajamiento de la tensión
 - c) Minimizar el subsecuente flujo de relleno en la llanta.

- . La velocidad normal de calandreado para compuestos de Clorobutilo es de 25 a 30 metros por minuto.

- . Se recomienda el uso de un ojo electrónico conectado al motor de enrollado. Con esta técnica se puede reducir al mínimo la tensión del enrollado y, por consecuencia el encogimiento.

V.5 ENCOGIMIENTO

- . Utilizando las medidas de encogimiento del relleno, se pueden obtener datos útiles de la operación de la calandria para fijar las tensiones más adecuadas. El procedimiento es el siguiente:
 - a) Al terminar la corrida de la calandria, se detienen los rodillos y los tambores de enfriamiento mientras que el

relleno se encuentra todavía bajo la tensión de calandreo enfriamiento/enrollado.

- b) En la banda transportadora de enrollado se mide una tira de un metro a todo lo ancho del relleno.
- c) Se corta dicha tira.
- d) Se coloca la tira de relleno en una mesa previamente cubierta de talco.
- e) Se comprueba periódicamente que el relleno no se haya adherido a la mesa.
- f) Se mide el encogimiento a las 24 horas.
- g) El resultado obtenido se califica así:
 - 0 - 4%: excelente
 - 4 - 6%: muy bueno
 - 6 - 8%: aceptable
 - 8 - 10%: en el límite
 - mayor de 10%: comprobar la tensión

V.6 EXTRUSION DE RELLENOS

- . Este método de producción de rellenos es menos común que el calandreo y en general se reserva para rellenos de camiones.
- . La operación es más sencilla que el calandreo. Concretamente, se extruye el relleno en forma de tubo y se corta en la parte superior, inmediatamente después del cabezal del extrusor. Una serie de rodillos aplanan la lámina que posteriormente es enfriada y enrollada.

- . Al igual que en el calandreado debe utilizarse una operación con dos molinos para proporcionar la alimentación al extrusor.
- . La temperatura de compuesto debe ser de 75 - 80°C, mientras que la del relleno extruido es de alrededor de 100°C.
- . La única desventaja de este sistema es el posible quemado del compuesto en la camisa del extrusor. Por esta razón se prefieren los compuestos con excelente seguridad contra el quemado "scorch safety" como el compuesto con 100 partes de Clorobutilo.
- . También se aconseja una alimentación forzada al extrusor para evitar la falta de alimentación con la posible aparición de burbujas.

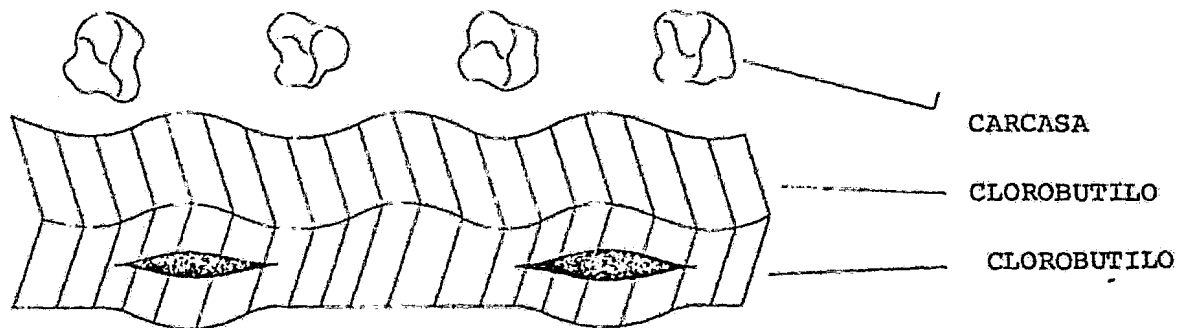
V.7 BURBUJAS

- . Las burbujas en los rellenos de Clorobutilo constituyen la preocupación más común y, en general, se presentan en tres áreas:
 - a) En la capa de Clorobutilo.
 - b) En la interface entre las dos copas de Clorobutilo o entre el Clorobutilo y el compuesto de ceja.
 - c) En la interface del relleno y la primera capa de la carcasa.
- . Se pueden tomar medidas preventivas como sigue:

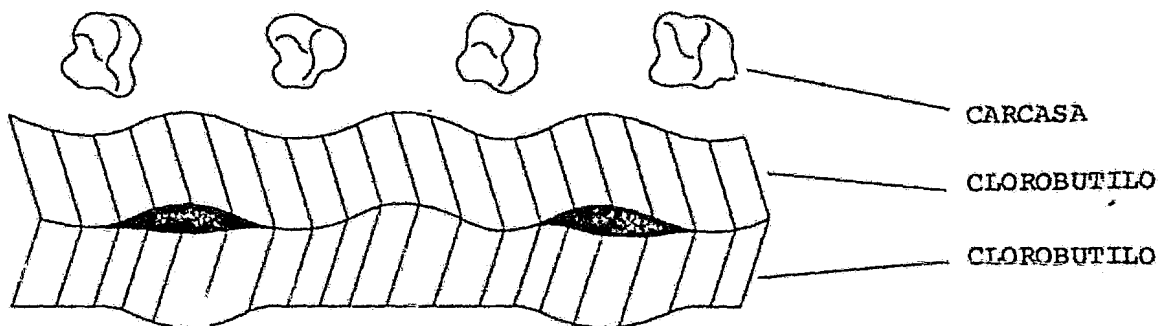
Fig. V-3

B U R B U J A S

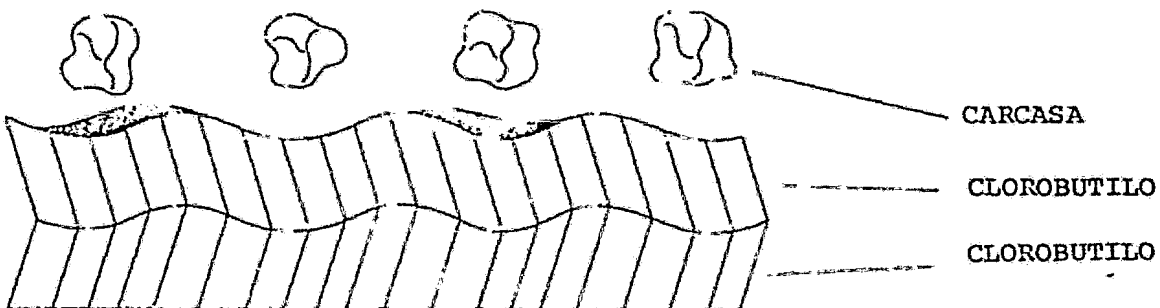
(A) EN LA CAPA DE CLOROBUTILO



(B) ENTRE LAS CAPAS



(C) ENTRE EL RELLENO Y LA CARCASA



a) En la capa de Clorobutilo

- Asegurarse que el compuesto está bien mezclado para evitar la porosidad.
- Después de enrollada la capa sencilla debe permitirse que el material seque completamente antes de continuar el proceso.
- Algunas arcillas usadas en los baños de enfriamiento pueden retener el agua, que puede ser liberada como vapor en una etapa posterior del proceso. Para superar este problema se puede usar una suspensión de estereato de zinc.
- Debe reducirse al volumen mínimo los rollos de alimentación a los molinos y la calandria.
- Evitar la contaminación con aceite proveniente de los cojinetes del molino.
- Asegurar que todo está seco antes de volver a operar el equipo.
- Si se emplea un extrusor para producir la alimentación de la calandria o el relleno usese alimentación forzada para el extrusor a fin de evitar la falta de material.
- Usar las temperaturas correctas en los rodillos de la calandria.

b) Entre las capas

- Verificar el nivel de volátiles del aceite usado en el compuesto.

- El ángulo de consolidación debe ser superior a 90° , con presión positiva aplicada a ambos lados del relleno.
- Comprobar que las temperaturas de los rodillos de la calandria no son demasiado elevadas. La temperatura del relleno calandreado no debe sobrepasar los 95°C en ningún momento. A temperaturas superiores, las presiones de los vapores de agua y de los volátiles de aceite se elevan con gran rapidez.
- Asegurar un enfriamiento adecuado.
- Comprobar que la viscosidad del material no es muy baja. Debe ser mayor de 50 para ML 1+8 a 100°C .

c) Entre el relleno y la carcasa.

- Usar los rodillos de tallado para el empalme de las diferentes capas de la llanta, en la máquina constructora. Una serie pequeña de pruebas indicará la posición de los rodillos para lograr los mejores resultados.
- Compruebase el nivel de humedad en la cuerda de la carcasa. La cuerda debe almacenarse siempre bajo humedad controlada.

V.8 PERDIDA DE PEGAJOSIDAD

- . En general, un compuesto de Clorobutilo procesado correctamente debe tener suficiente pegajosidad para la fabricación de llantas. No obstante, existen algunas causas por las que los rellenos de Clorobutilo pierden pegajosidad, las más co-

munes son:

- 1) "Solidificación" del compuesto debido a un calor elevado (debe ser reducido al mínimo).

Esto se manifiesta como:

- a) Mayor encogimiento del relleno.
 - b) Alta viscosidad.
 - c) Quemado inesperado
 - d) Baja resistencia a la tensión
 - e) Pérdida de viscosidad
- 2) Enfriamiento inadecuado después de calandrear o extruir. La temperatura de almacenamiento debe ser inferior a 40°C.
 - 3) Baja calidad de los rollos de manta de algodón o polipropileno usados para el almacenamiento. Esto sucede en particular si esos rollos están cubiertos con cera o desechos resinosos o simplemente desgastados.
 - 4) Almacenamiento demasiado prolongado antes de usarse.

V.9 LAS RESINAS COMO ADHERENTES.

Las resinas que producen pegajosidad pueden usarse en compuestos para rellenos de Clorobutilo, aunque usualmente no son necesarias. Se emplean dos tipos principales:

- a) Compuestos fenólicos no reactivos. (AMBEROL ST 149 o KORESIN)

Probablemente son los más efectivos y hasta los grados no

reactivos puede interferir en el mecanismo de vulcanización.

- . Al usar estas resinas es indispensable dejar reposar de 18 a 24 horas entre la primera y segunda etapa del mezclado.
- . Puede causar recubrimiento en los rodillos de la calandria y, por lo tanto aumentar los problemas del encogimiento.
- . El nivel usual es de 3 a 5 phr.

b) Hidrocarburos alifáticos (ESCOREZ 1102 B)

- . Son menos efectivos que los compuestos fenólicos y deben usarse a niveles más altos, normalmente de 6 a 9 phr.
- . No interfieren con el mecanismo de vulcanización pero pueden causar recubrimiento en los rodillos durante el calandreado.

VI. PLAN GENERAL DE COMERCIALIZACION

VI. PLAN GENERAL DE COMERCIALIZACION

VI.1 MISION

- . Lograr que el Clorobutilo se convierta en el elastómero base para las formulaciones de membrana impermeable para llantas sin cámara.
- . Apoyar a las empresas llanteras, en Akron, USA, para llevar a cabo programas de desarrollo a nivel de laboratorio y plantas para obtener aprobación de uso a nivel mundial.
- . Realizar seguimiento de la aprobación técnica en las plantas industriales fuera de USA, para integrar formulaciones de Clorobutilo con materiales locales.

VI. 2 OBJETIVO

- . Apoyar técnicamente a las llanteras en México para integrar una formulación con 100% de Clorobutilo para el material de membrana impermeable.
- . Realizar importación de USA hacia México, a través de la empresa comercializadora de los fabricantes de Clorobutilo, localizada en la Ciudad de México.
- . Apoyar a las llanteras mexicanas con pruebas de laboratorio y campo en las instalaciones de New Jersey y California, USA; para ajustar la formulación final y establecer el espesor necesario de la membrana impermeable.

VI.3 ACCIONES CLAVE

- Realizar una investigación de mercado para establecer la demanda y suministro de llantas y cámaras.
- Entrenar técnicamente en Akron, USA, a dos vendedores regionales.
- Instalar regionalmente el concepto de Línea de Producto para elastómeros.
- Desarrollar selectivamente nuevas aplicaciones para Clorobutⁱlo.
- Desarrollar una estrategia de precio que refleje el costo de las materias primas y valor del producto en cada región.

VI.4 ACTIVIDADES PROMOCIONALES

- Conducir una serie de Seminarios de Elastómeros para clientes llanteros en la región.
- Establecer e implementar un plan para promover ventas de cámara^s de camión.
- Conducir campañas de anuncios institucionales en diversas publicaciones técnicas locales e internacionales.
- Participar activamente en Grupos de profesionales en la industria llantera.

VI.5 RESULTADOS EN MEXICO

1 - 3 años.- El plan mercadológico llevado a cabo se apoyó básicamente en las ventajas técnicas descritas en el Capítulo IV; y dado que México produce hule natural y hules estireno butadieno la evaluación de costo resultó no competitiva con las formulaciones que utilizaban hules de uso general. Resultado de aprobación para consumo regular: (2) empresas llanteras.

3 - 5 años.- Para lograr un compuesto competitivo en costo se evaluaron formulaciones con diferentes niveles de Clorobutilo, con los resultados señalados en la Tabla siguiente:

<u>Compuestos para membrana impermeable</u>	<u>Rango de Transmisión del vapor de agua a 38°C</u>	<u>Permeabilidad del aire a 65°C</u>	<u>Costo promedio peso/volumen</u>
Hule natural/SBR	12	10	91
50% Clorobutilo/HN	3	5	100
65% Clorobutilo/HN	1.5	3	103
100% Clorobutilo	1	1	118

Tabla VI-1

Resulta evidente que el atractivo costo de las formulaciones con 50 y 65% de Clorobutilo establecieron la base económica para obtener la aprobación para consumo regular de las (4) empresas llanteras remanentes.

6 - 15 años.- Los resultados anteriores han desarrollado tendencias en el mercado que muestran el interés continuo de los

fabricantes de membranas impermeables, como sigue:

- . Uso en cámaras de camión.
- . Uso en pared o costado de llanta
- . Uso en molde de hule para vulcanización de llantas.

VI.6 ALGUNAS TENDENCIAS DE MERCADO EN OTRAS REGIONES

EUROPA

Los rellenos de Clorobutilo se usan principalmente en llantas de pasajeros con cinturón de acero. La empresa A indica que los rellenos de Clorobutilo son muy caros para llantas de camión. La empresa B utiliza Clorobutilo y está evaluando Bromo**u**butilo, con resultados desfavorables por su excesiva actividad química. Se lleva a cabo desarrollo conjunto en Inglaterra pa**ra** utilizar rellenos de Clorobutilo en llantas de una capa de acero, para autos pequeños.

JAPON

La mayoría de las empresas llanteras den Japón utilizan rellenos de Clorobutilo con 70-80 (PHR)

USA

La mayoría de las llantas de pasajeros contienen rellenos de Clorobutilo. La mayoría de las llantas radiales contienen 50-70% Clorobutilo.

-La demanda de los fabricantes de autos para disponer de llan-

tas con poco peso han logrado que los fabricantes de llantas tiendan a utilizar una membrana impermeable de Clorobutilo de 80-90% de contenido a un espesor menor.

-El inflado especificado para llantas radiales es crítico para el buen desempeño de la llanta, el ahorro de combustible y evitar el sobrecalentamiento, todo ello promueve el uso de Clorobutilo.

-Dado que la presión interior de la carcasa en llantas de camión es más crítica que en llantas de pasajeros, se ha desarrollado una tendencia muy fuerte para el uso de rellenos de Clorobutilo (70-80% PHR) en llantas de camión, para lograr reducir dicha presión interior, aumentar la resistencia al calor y la durabilidad de la llanta.

-Las llantas radiales, de una sola capa de acero, requieren membranas impermeables con desempeño más alto en servicio de autos pequeños.

VI.7 OTRAS TENDENCIAS GENERALES

-Las llantas pequeñas en carros pequeños van a ser más sensibles a pérdidas de aire.

-La llanta pequeña de refacción, colapsable, para algunos modelos de autos, requiere una excelente barrera para retener el aire.

-Las llantas radiales duran más y necesitan una membrana imper

meable que tenga buen envejecimiento.

-Dado el enlace tecnológico de las empresas llanteras con sus oficinas principales en USA, se estima que las tendencias señaladas para esa región se extenderán a mediano plazo dentro de la industria llantera de México.

En el Apéndice se proporcionan siete Tablas (VI-3 a VI-9) en las que se indican los volúmenes de producción, importación y consumo aparente para los hules sintéticos y naturales de uso en la industria hulera mexicana.

El hule butilo clorado -Clorobutilo- se encuentra incluido en el renglón de hule butilo de la Tabla VI-7.

VII. CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES

VII.1 CONCLUSIONES TECNICO MERCADOLÓGICAS

- . El hule poliisobutileno-isopreno clorado (Clorobutilo) es el elastómero base para las formulaciones comerciales de membrana impermeable, para llantas sin cámara.
- . El Clorobutilo se utilizó por primera vez para rellenos comerciales en México durante 1966; y , para 1975 su uso se ha bía generalizado en las (6) empresas llanteras de nuestro país.
- . Los hules butilo tienen un consumo actual de aproximadamente 10 000 toneladas/año, que incluye 3 000 toneladas/año de Clorobutilo.
- . La capacidad instalada mínima para una Planta de hule butilo es de 50 000 toneladas anuales, para lograr una inversión rentable.
- . La proyección de consumo para México no anticipa la necesidad de una Planta antes de 20 años, por lo que se asume la necesidad de continuar la importación de estos hules.
- . Los hules butilo se producen actualmente en USA, Canadá, Inglaterra, Francia, Bélgica y Japón en instalaciones industriales de capacidad similar o mayor a la mencionada.

APENDICE

Fig. IV-8

LOS RELLENOS DE CLOROBUTILO SON MAS RESISTENTES AL ENVEJECIMIENTO POR CALOR

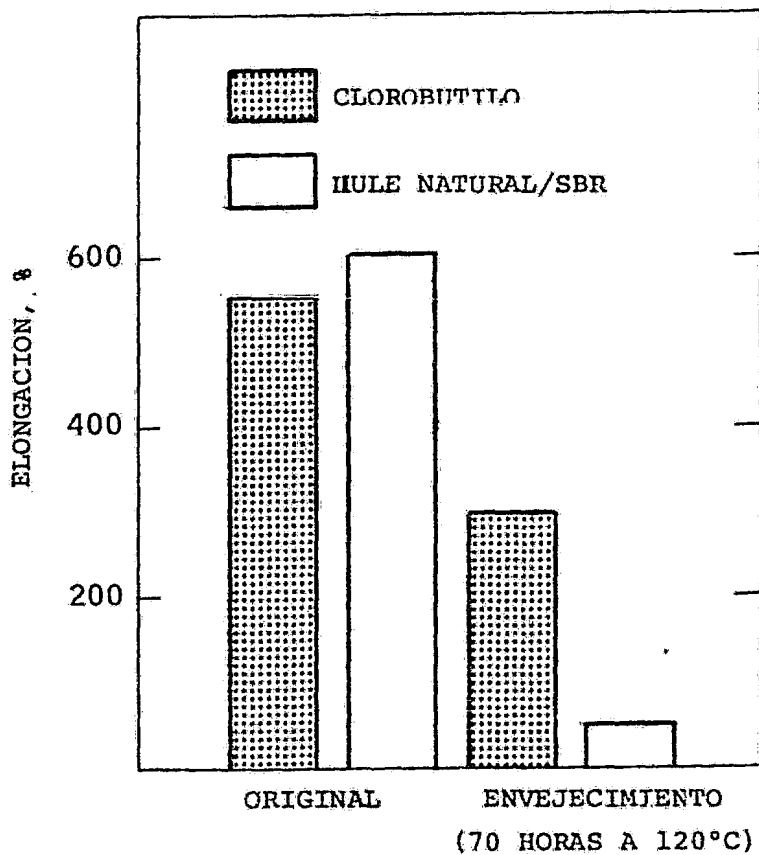


Fig. IV-9

DESARROLLO DE (PIC) EN LLANTAS SIN CAMARA

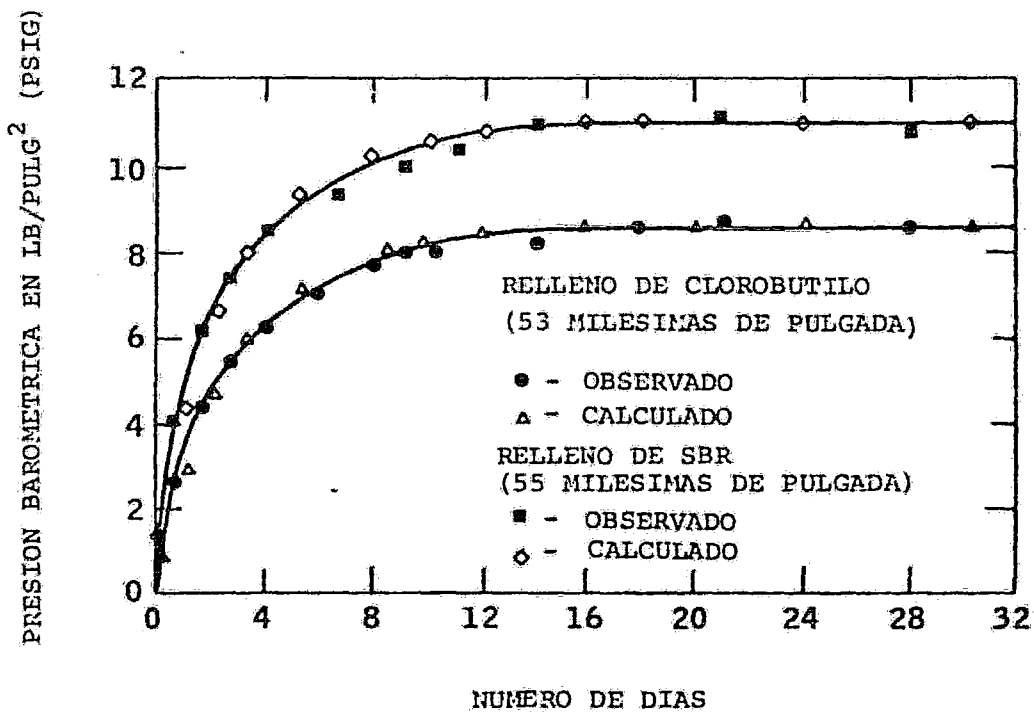
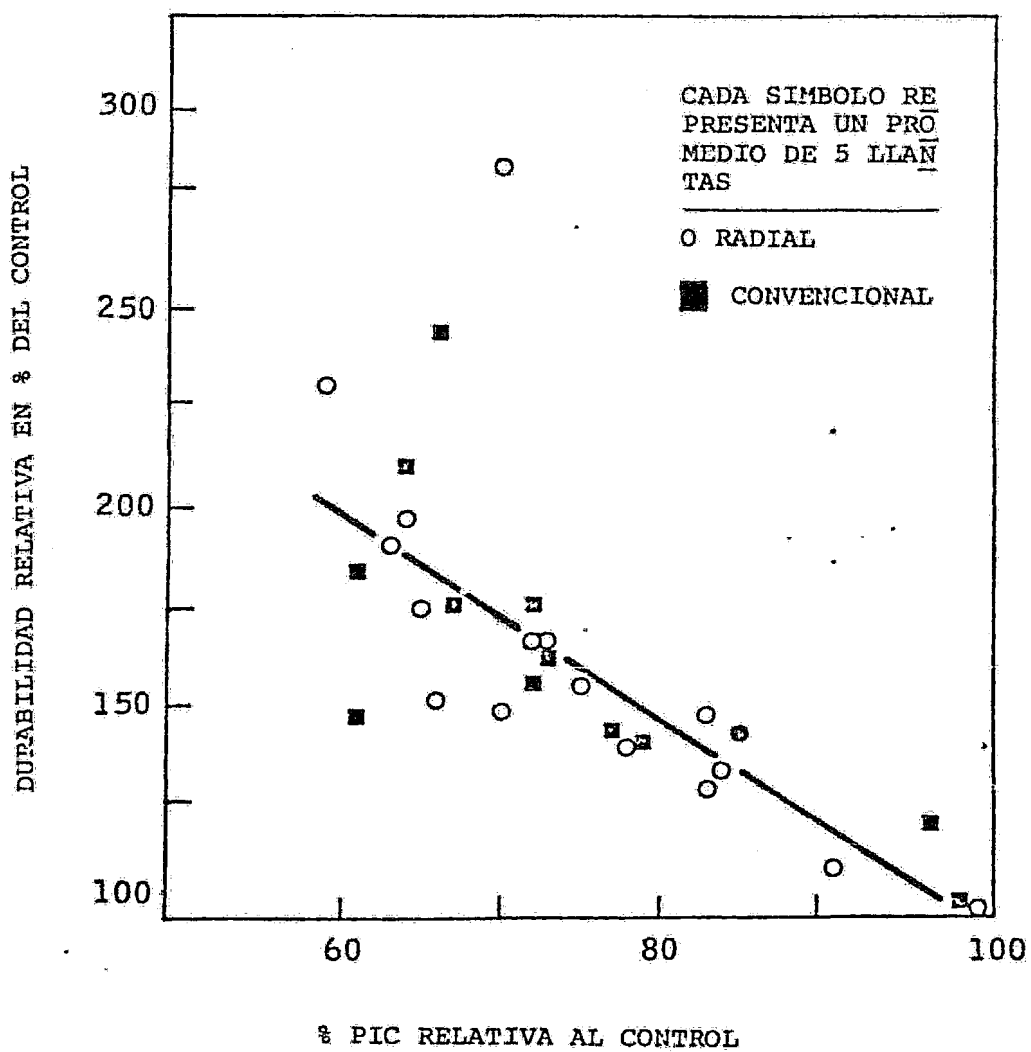
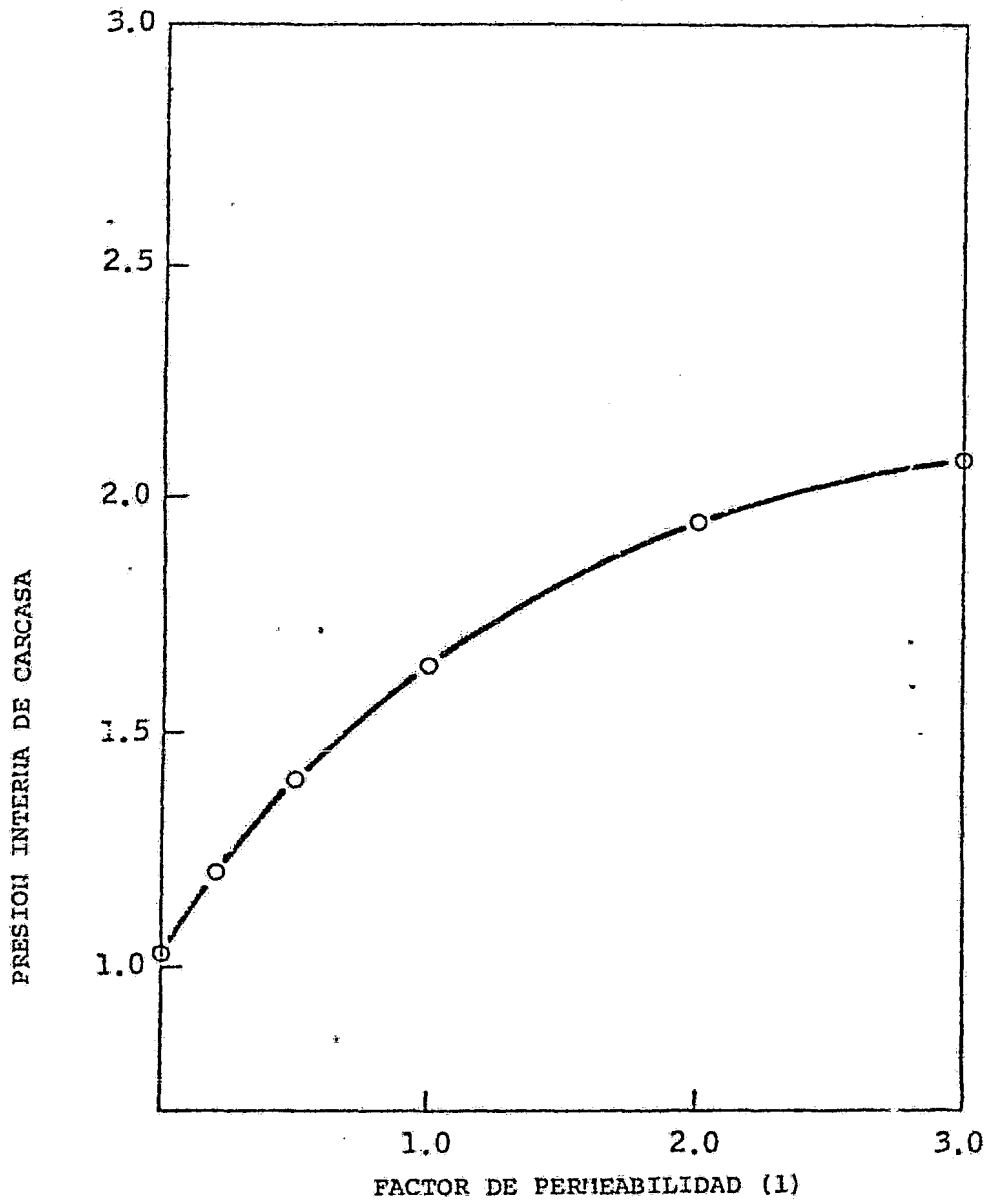


Fig. IV-11

LA DURABILIDAD DE LAS LLANTAS RADIALES Y CONVENCIONALES ESTA INFLUENCIADA POR LA REDUCCION EN LA PRESTON INTERNA DE LA CARCASA



LAS PROPIEDADES IMPERMEABLES DEL RELLENO TIENEN FUERTE INFLUENCIA PARA LOGRAR EL EQUILIBRIO EN LA PRESION DE LA CARCASA



(1) Calculado según modelo matemático de Banks.

Fig. IV-12
RELACION DE COSTO DE RELLENO
CONTRA ESPESOR DE RELLENO

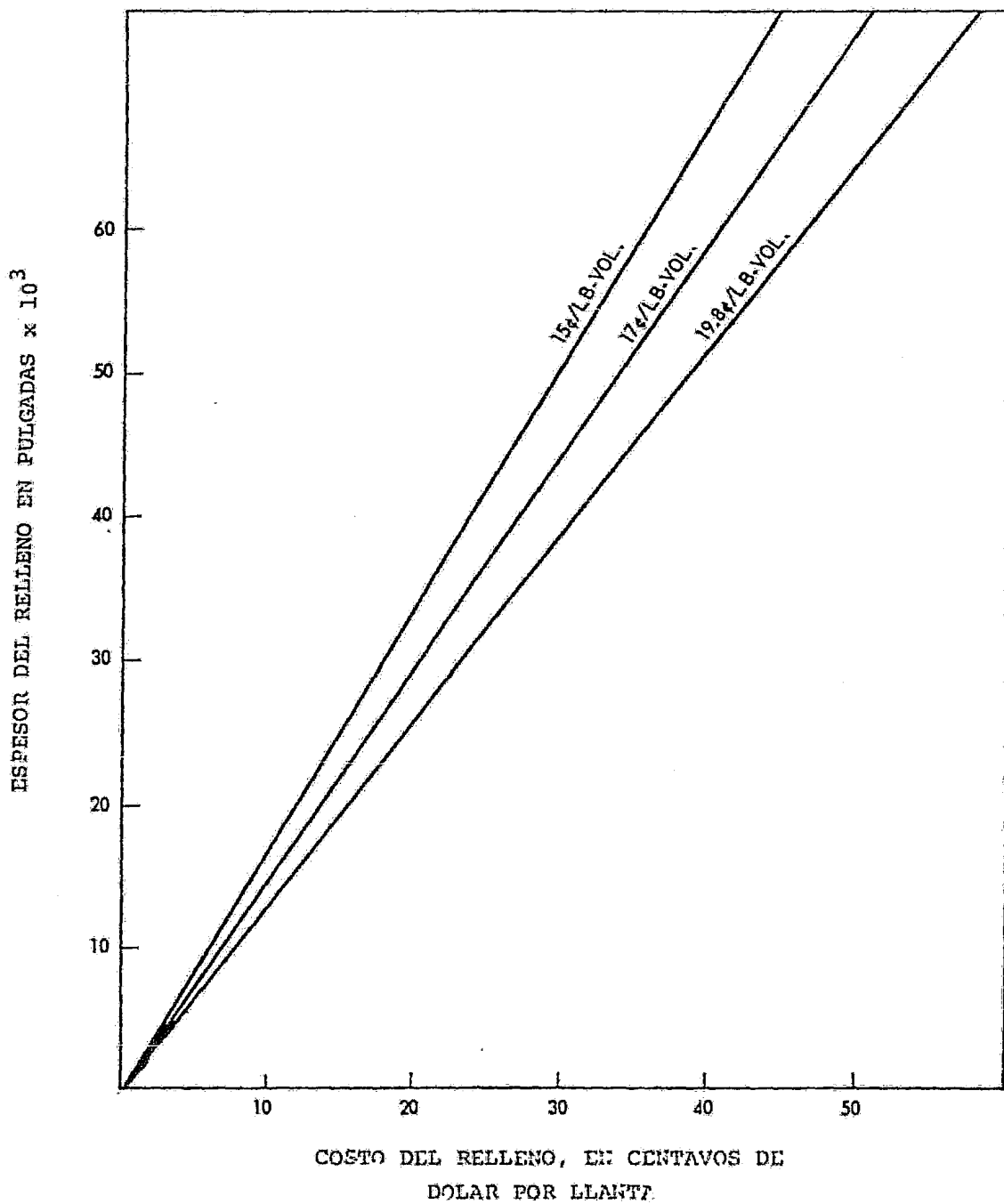


Tabla IV.1

PERMEABILIDAD AL AIRE DE ELASTOMEROS COMERCIALES

<u>Compuesto base:</u>	Polímero - como se indica, Negro EPC - 20, Negro MT - 60, Acido esteárico - 2, Amberol ST-137X - 4, Aceite parafínico - 10, Oxido de Zinc - 5, Aceleradores - los requeridos para cada polímero.				
<u>Polimero, phr</u>					
Butilo 268	100	-	-	-	-
Clorobutilo 10-68	-	100	-	-	-
SBR, alto estireno (43%)	-	-	100	-	-
SBR 1502	-	-	-	100	-
Hule natural	-	-	-	-	100
<u>Permeabilidad al aire,</u> <u>Q x 10³(1)</u>					
A 24°C (75°F)	0.32	0.34	1.21	3.06	4.36
A 66°C (150°F)	3.3	3.2	9.6	18.0	23.7
A 93°C (200°F)	10.5	10.4	23.9	38.2	40.2
<u>Permeabilidad relativa</u> <u>al aire a 66°C (150°F)</u>	1	1	3.0	5.5	7.0

(1) Condiciones de prueba controlada llevada a cabo en Linden. New Jersey, USA:

Q = pies cúbicos de aire (320°F y 29.9 pulgadas Hg) difundiéndose a través de 1 milésima de pulgada bajo una presión diferencial de 1 libra por pulgada cuadrada por pre cuadrado por día. (1 psi/sg. ft/day).

Tabla IV.2

COMPARACION DE MEZCLAS DE ELASTOMEROS

Compuesto base: Polímero - como se indica, Negro EPC - 20, Negro MT-60, Acido esteárico - 2, Amberol ST137X - 4, Aceite parafínico - 10, Oxido de Zinc - 5, Azufre - 1.75, MBTS - 1, TMTDS - 0.1

<u>Polímero</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
SBR, alto estireno (43%)	65	-	40	-	-
Clorobutilo 10-68	-	-	-	-	65
Hule natural	25	45	40	40	25
Butilo regenerado	18	100	-	-	18
SBR regenerado	-	-	40	40	-
SBR Synpol 8401 (1)	-	-	-	55	-
<u>Propiedades básicas</u>					
<u>Hule 45 min. a</u>					
Dureza, Shore "A"	57	60	63	55	53
Modulo 100%, psi (lb/pul ²)	175	260	295	175	190
Modulo 300%, psi (lb/pul ²)	615	685	915	515	850
Tensión, psi (lb/pul ²)	1405	695	1480	1530	1265
Elongación, %	655	340	510	655	520
<u>Envejecimiento por calor</u>					
<u>70 horas a</u>					
Dureza, Shore "A"	57	65	65	65	58
Modulo 100%, psi (lb/pul ²)	890	-	-	-	360
Tensión, psi (lb/pul ²)	950	475	525	560	1230
Elongación, %	110	50	90	30	280
<u>Permeabilidad al aire,</u>					
<u>Q x 10³ (2)</u>					
a 24°C (75°F)	1.72	1.42	2.08	2.23	0.70
a 66°C (150°F)	12.0	10.0	14.3	15.3	6.0
a 93°C (200°F)	29.0	23.5	30.2	29.0	15.5

(1) Synpol 8401 - SBR (40% estireno), aceite parafínico - 37.5 phr oil.

(2) Q = pies cúbicos de aire (32°F y 29.9 in Hg) difundiéndose a través de 1 milésima de pulgada bajo una presión diferencial de 1 libra por pulgada cuadrada/pre cuadrada/día)

Tabla IV-3

EFFECTO DEL ENVEJECIMIENTO POR CALOR EN LA PERMEABILIDAD
DE RELLENOS

	<u>Relleno de Clorobutilo</u>	<u>Relleno sin Clorobutilo</u>
<u>Permeabilidad, Q x 10³</u>		
<u>Sin envejecimiento</u>	.	
a 24°C (75°F)	0.8	1.8
a 66°C (150°F)	6	12
a 93°C (200°F)	19.0	38
<u>Envejecimiento por calor 70 horas a</u>		
a 24°C (75°F)	0.6	2.9
a 66°C (150°F)	5	20
a 93°C (200°F)	15	60
<u>Envejecimiento por calor 92 horas a</u>		
a 24°C (75°F)	0.3	4.2
a 66°C (150°F)	3.5	26
a 93°C (200°F)	11	85

Tabla IV-4

RESISTENCIA A LA FLEXION A IGUAL ESTIRAMIENTO

Compuesto de relleno	Límite del ciclo de estiramiento % Elongación	Tensión psi	Horas de prueba		Al rompimiento	Comentarios
			Total	Con grietas superficiales		
SBR, módulo alto (1)	50-100	230-450	3	1/2	3	Se presentó delaminación
SBR, módulo bajo	50-100	60-130	192	96	-	Agrietamiento profundo. Se suspendió la prueba por crecimiento de la muestra (5 cm.)
SBR, módulo bajo	100-150	130-150	400	70	-	Igual que la muestra anterior. (10 cm.)
Clorobutilo (2)	100-150	220-400	450	-	-	Sin deterioro visible en la superficie, crecimiento moderado de la muestra.

- (1) Dado que el SBR de módulo alto falló en 3 horas, en el ciclo de 50-100% de elongación, no fué probado en condiciones más severas.
- (2) Dado que no hubo deterioro en el ciclo de 100-150% de elongación, no fué probado en condiciones más ligeras (50-100%).

Tabla IV.5

RESISTENCIA A LA FLEXION A IGUAL ESTIRAMIENTO

Muestras	Ciclo de estiramiento, psi. Mínimo o Máximo	Tiempo de prueba, Horas		Comentarios
		Hasta agrietamiento de superficie	Hasta rompimiento	
SBR, módulo alto y Clorobutilo	60-230	6 (SBR)	8 (SBR)	Todas las fallas ocurrieron en las muestras de SBR, inicialmente se presentó delaminación
SBR, módulo bajo y Clorobutilo	60-150	45 (SBR)	69 (SBR)	Todas las fallas ocurrieron en las muestras SBR. Agrietamiento profundo en la superficie con ligera delaminación inicial. No se apreció deterioro en Clorobutilo.

TABLA IV.6

RELACION DE DURABILIDAD DE LA LLANTA CON EL AUMENTO DE PRESION
INTERNA DE CARCASA

<u>Tipo de Relleno</u>	<u>Espesor del relleno no calandreado en milésimas de pul- gada</u>	<u>Durabilidad relativa, (1)</u>	<u>PIC (2) 16/pulg² baro métrica (psig)</u>
Comercial, .SBR/HN	60	100	13.0
Clorobutilo	40	362	7.3
Clorobutilo	40	192	9.9

(1) Medición utilizando el Akron Standard Tread Separation Tester (Equipo de prueba en Akron, USA para medir la separación del recubierto bajo condiciones críticas).

(2) Medición utilizando una aguja hipodérmica adaptada a un manómetro en unidades inglesas (psig).

TABLA IV.7

RESULTADOS DE DURABILIDAD Y CON LA PRESION INTERNA DE CARCASA - I

Empresa llantera	Construcción y espesor del <u>ca</u> landreado en milésimas de <u>pulgada</u>	Durabilidad en Prueba de llantas (ASM) - (4)		PIC (psig)	Comentarios
		Kms. (1)	(% del control)		
A	SBR-54	9736	100	8.0	Separación de recubier <u>to</u> y capas, agrieta <u>m</u> iento del relleno
B	Clorobutilo-47	14473	149	4.9	Agrietamiento superfi <u>cial</u> . Relleno sin grietas.
C	Clorobutilo-35	14701	145	5.0	Agrietamiento de la su <u>perficie</u> y entre capas. Relleno sin grietas.

(1) Promedio de 6 o más llantas de prueba por empresa.

Prueba de llantas (ASM)

Rueda : 28.46 cm. de contacto con llanta.
 Inflado : 28 psig inicial y 38 psig durante prueba.
 Carga : 88% de la escala diseñada para el Equipo ASM
 (100% igual a 1180 lbs.)
 Velocidad : 64 km/hora
 Temperatura interna de la llanta : 138°C

TABLA IV.8

RESULTADOS DE DURABILIDAD CON LA PRESION INTERNA DE CARCASA-IILlantas: Comerciales con dos capas de rayón, 7.75-14Condiciones de la prueba

Rueda: Akron Standard Tread Separation Tester (28.46 cm de contacto).

Inflado: 32 psig inicial y 40 psig durante prueba.

Carga: 50% inicial y 100% durante prueba (Escalas de diseño de equipo)

Velocidad: 64 km/hora.

Resultados

<u>Empresa</u>	<u>Tipo de relleno</u>	<u>Kilometros al rompimiento (1)</u>	<u>Promedio de espesor de relleno (2) (milésima de pulgada)</u>	<u>PCI (3) (psig)</u>
A	<u>Control</u>	<u>4768</u> (100%)	34	12.0
D	<u>Clorobutilo</u> Espesor de costo equivalente. (se aplicó carga adicional en prueba)	<u>7568</u> (159%)	28	8.8
E	<u>Clorobutilo</u> Espesor de costo menor. (se aplicó carga adicional en prueba)	<u>4781</u> (100%)	17	11.9

(1) Todas las fallas ocasionaron separaciones, ningún relleno presento agrietamiento.

(2) Espesor mínimo promedio.

(3) Presión de inflado a 24 psig. (libras por pulgada cuadrada barométrica).

TABLA IV-9

RESULTADOS DE DURABILIDAD CON LA PRESION INTERNA DE CARCANA-III

Llantas: Comerciales con cuerdas radiales, 15R78

Condiciones de la prueba:

Rueda: Akron Standard Tread Separation Tester (28.46 cm. de contacto).

Inflado: 28 psig inicial y 36 psig durante prueba

Carga: 50% inicial y 100% durante la prueba.

Velocidad: 80 km/hora.

Resultados

<u>Empresa</u> <u>Llantera</u>	<u>Relleno</u>	<u>Promedio de kms.</u> <u>al rompimiento (1)</u>	<u>Presión interior de</u> <u>carcasa, psig (%) (2)</u>	
			<u>Radiales</u>	<u>Convencionales</u>
1	SBR con em palme ra- dial.	<u>5123</u> (100%)	22.7 (100)	13.0 (100)
2	70 Clorobu tilo empal me radial.	<u>7661</u> (150%)	15.0 (66)	10.7 (82)

(1) Promedio de seis o más llantas de pruebas por empresa. To
das las fallas fueron por separación del recubierto.

(2) Presión de inflado de 28 psig. (libra por pulgada cuadrada
barométrica)

TABLA IV.10

ANALISIS DEL COSTO PARA RELLENOS

<u>Relleno</u>	<u>Espesor del relleno Calandreado (milésimas de pulgada)</u>	<u>Costo en centavos de dólar por llanta</u>		
		<u>(15/Lb-vol)</u>	<u>(17/lb-vol)</u>	<u>(19.8/lb-vol)</u>
Control (sin Clorobu tilo)	60	<u>35.5</u>	40.5	-
Clorobutilo (1)				
Espesor igual	60		Ahorro de	46.0
Costo igual	46		<u>5.0/llanta</u>	35.5
Costo menor	40			<u>30.5</u>

(1) Los espesores señalados proporcionan un desempeño igual o mejor al Control indicado.

TABLA IV.12

COMPUESTOS DE CLOROBUTILO PARA RELLENOS

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Clorobutilo 10-68	70	60	65	60
Hule natural	30	10	25	15
SBR 1502	-	30	-	-
Hule regenerado	-	-	20	20
Butilo regenerado	-	-	-	27
Negro HAF	-	40	-	-
Negro LS-HAF	30	-	40	40
Caolín	-	40	40	40
Negro MT	50	-	-	-
Oxido de Magnesio	-	0.5	-	-
Acido esteárico	2	1	1	1
Amberol ST137X	4	4	4	4
Aceite parafínico	10	10	10	10
Oxido de Zinc	5	5	5	5
MBTS	1.25	1.25	1.25	1.25
Vultac 5	0.7	1.25	0.5	0.5
TMTMS	0.25	-	0.25	0.25
Costo en centavos de Dólar/lb-vol.	19.5	19.7	18.6	17.0
<u>Tiempo de Quemado Mooney (MS a 132°C)</u>				
Minutos a 3 puntos del mínimo	10	12	11	12
Minutos a 10 puntos del mínimo	13	16	17	17
<u>Plasticidad Mooney (ML a 100°C)</u>				
Lectura a 1+8 minutos	43	55	45	43
<u>Propiedades físicas, vulc. a 30 mins a 153°C)</u>				
Dureza, Shore "A"	60	55	57	60
Modulo 100%, lb/pulg ² (psi)	175	230	140	200
Modulo 300%, lb/pulg ² (psi)	950	700	560	590
Tensión, lb/pulg 2 (psi)	1650	1800	1340	1090
Elongación, %	480	625	550	510

TABLA IV.12 (cont.)

Envejecimiento por calor,
70 horas a 121°C

Dureza, Shore A	70	75	78	83
Modulo 100%, lb/pulg ² (psi)	630	670	530	630
Tensión, lb/pulg ² (psi)	1250	1230	690	740
Elongación, %	350	235	200	180

Flexómetro DeMattia (1)

Horas para rompimiento central	94+	94+	94+	94+
--------------------------------	-----	-----	-----	-----

Permeabilidad al aire

Q x 10³

Sin envejecer a 24°C (75°F)	0.8	0.9	0.8	0.7
a 93°C (200°F)				

(1) El Flexómetro de DeMattia fue operado con un ángulo de torsión de 180 a 60°, 300 ciclos por minuto a 70°C y con envejecimiento por calor en horno a 121°C durante 70 horas.

TABLA VI-2

TENDENCIAS DE CONSUMO CONTRA EL COSTO DEL RELLENO DE CLOROBUTILO

Tendencia por volúmen de ventas	Contenido de Clorobutilo, %	Costo relativo %	Peso de Clorobutilo		
			%	lb/PC(1)	lbs/cc(2)
5	45	89	90	0.136	-
3	50	100	100	0.181	0.499
1	60	99	116	0.227	0.590
2	60	103	122	0.272	0.580
4	100	104	190	0.408	0.998
6	100 (sin caolín)	113	208	0.453	1.134

(1) Kilogramos de Clorobutilo por llanta de pasajeros

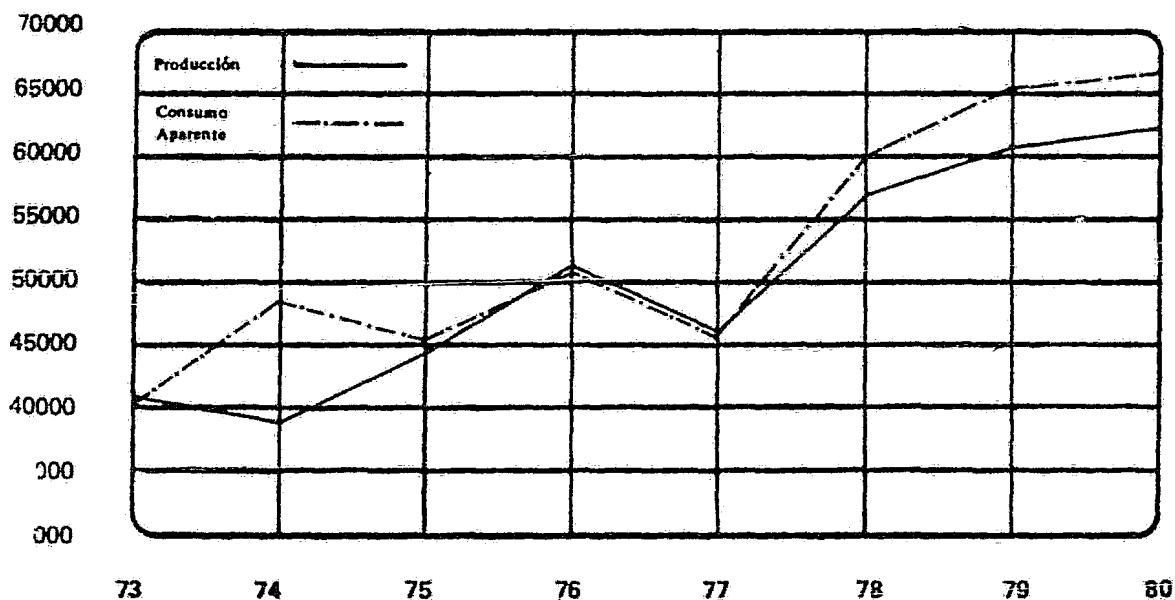
(2) Kilogramos de Clorobutilo por llanta de camión.

**POLIBUTADIENO – ESTIRENO (HULE SINTETICO)
(TONS.)**

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción	40,759	38,889	44,498	51,529	46,545	57,459	60,472	62,936
Importación	704	9,266	2,196	789	1,008	4,130.3	5,116.6	4,327.3
Exportación	1,085	4.5	153	1,078	1,788	1,332.2	579	559.7
Consumo Aparente	49,378	48,150.5	46,541	51,340	45,765	60,257.1	65,009.6	66,703.6
Crecimiento C. A. o/o	8.7	19.2	(3.3)	10.1	(10.7)	31.7	7.9	2.6
Capacidad Instalada	-----	39,500	59,590	59,500	65,500	65,500	72,000	72,000

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa
S.P.E. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

- NOTAS: (1) La importación incluye Polibutadieno-Estireno Oleoextendido
(2) Existen proyectos por 47,000 Ton./A. de 1980 a 1982
(3) Productoras: Hules Mexicanos, S. A.
Negromex, S. A.

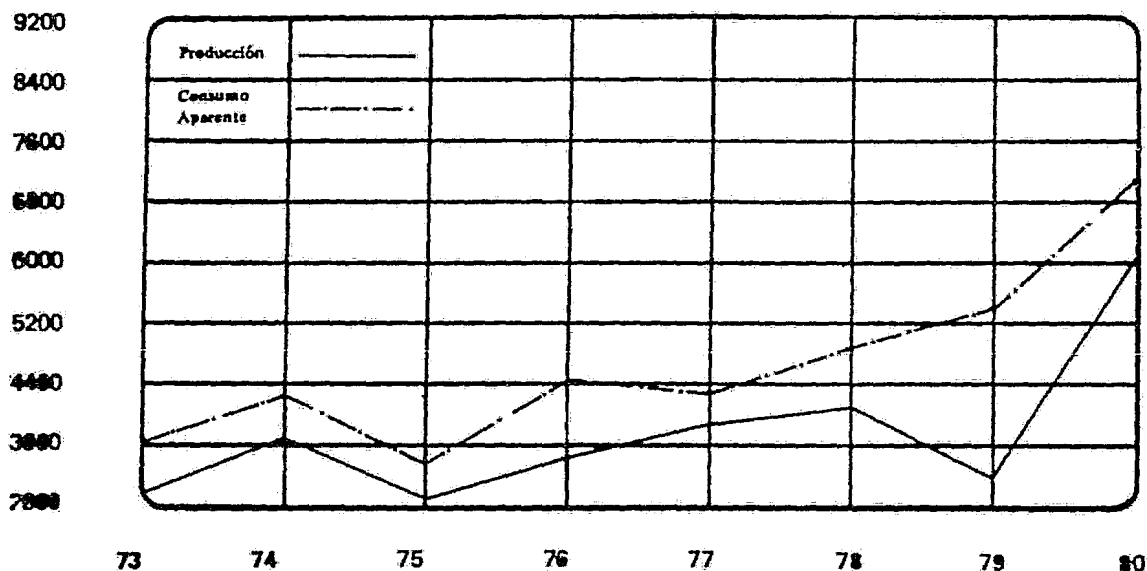


POLIBUTADIENO – ESTIRENO (LATEX)
(TONS.)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción	3,060	3,750	2,921	3,590	3,951	4,137	3,375	6,072
Importación	628	553	570	944	491	894	2,172.4	1,106.6
Exportación	72	55	10	59	59	120	88	13
Consumo Aparente	3,616	4,248	3,481	4,475	4,383	4,911	5,459.4	7,165.6
Crecimiento C. A. o/o	12.5	17.5	(18.1)	28.6	(2.1)	12.0	11.2	31.25
Capacidad Instalada	-----	4,125	4,125	4,125	5,380	6,500	6,600	6,600

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa
S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

NOTAS: (1) Los datos son en base seca
(2) Productoras: Industrias Resistol, S. A.
Hulca Mexicana, S. A.

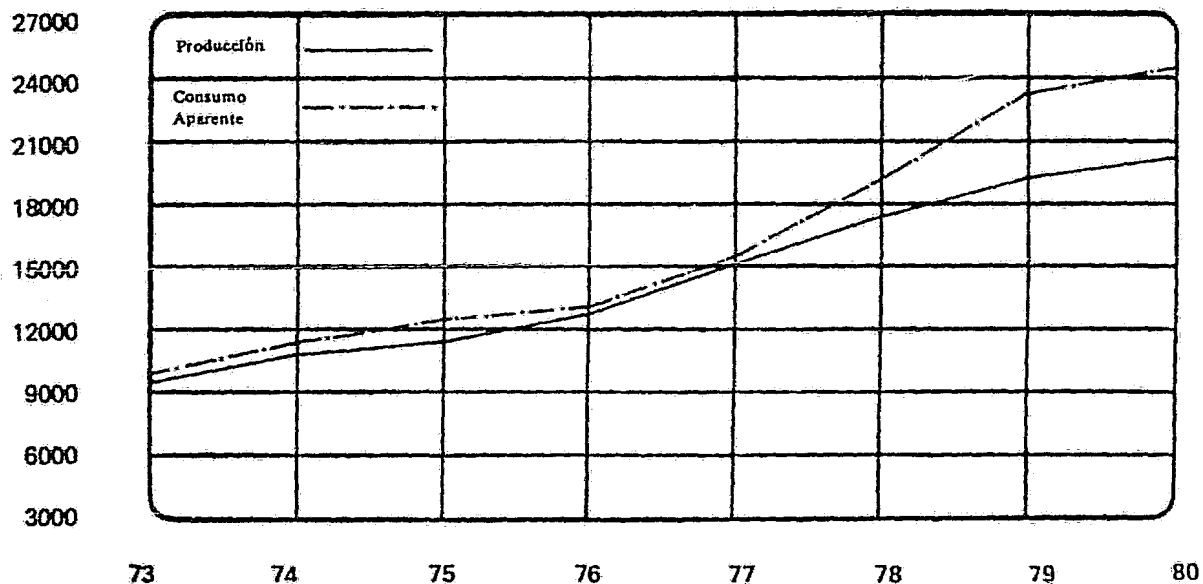


**POLIBUTADIENO (HULE SINTETICO)
(TONS.)**

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción	9,900	10,982	11,699	12,587	15,000	17,640	19,275	20,300
Importación	661	643	434.5	547	371	1,620.5	3,860.1	3,910.21
Exportación	320	350	34	-----	50	97.5	0.0	6.6
Consumo Aparente	10,241	11,275	12,099.5	13,134	15,321	19,163	23,135.1	24,203.61
Crecimiento C. A. o/o	24.7	10.1	7.3	8.5	16.6	25.1	20.7	4.62
Capacidad Instalada	-----	15,000	15,000	15,000	20,000	20,000	20,000	25,000

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa
S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

- NOTAS: (1) Las importaciones incluyen polibutadieno oleoextendido
(2) Existen Proyectos por 16,000 Ton./A de 1980 a 1982
(3) Productor: Negromex, S. A.

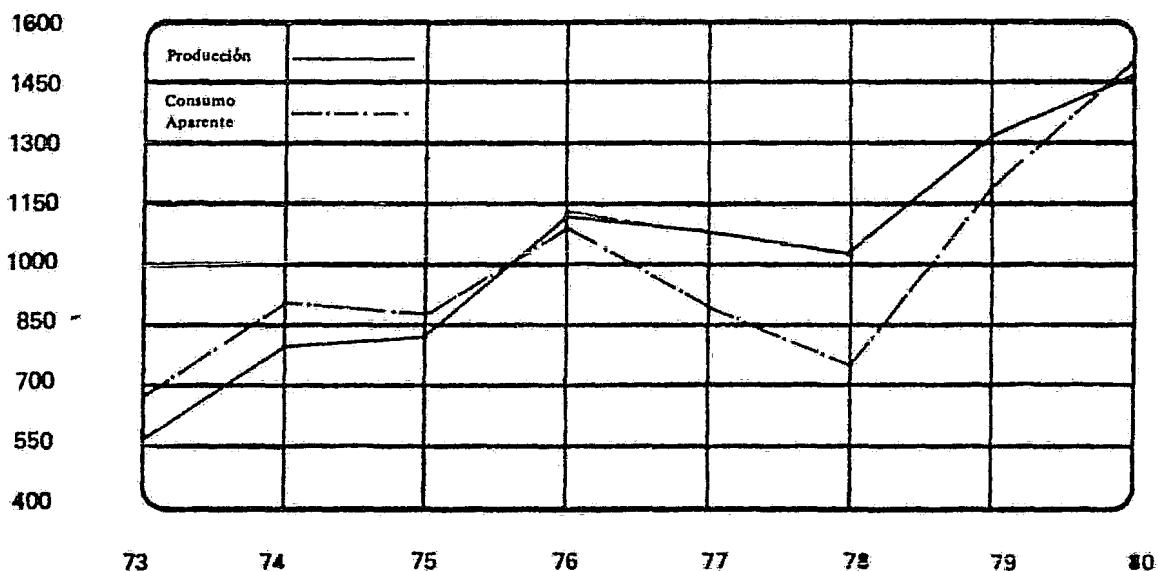


**POLIBUTADIENO – ACRILONITRILO (HULE SINTETICO)
(TONS.)**

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción	585	784	817	1,144	1,071	1,036	1,306	1,462.1
Importación	97	145	63	31	24	21.4	81.3	61.6
Exportación	---	---	---	37	178	281	121	---
Consumo Aparente	682	929	880	1,138	917	776.4	1,266.3	1,523.7
Crecimiento C. A. o/o	30.9	36.2	(5.3)	29.3	(19.4)	(15.3)	63.1	30.3
Capacidad Instalada	---	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa
S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

NOTAS: (1) Existe un proyecto por 1,500 T/A
(2) Productor: Hules Mexicanos, S. A.

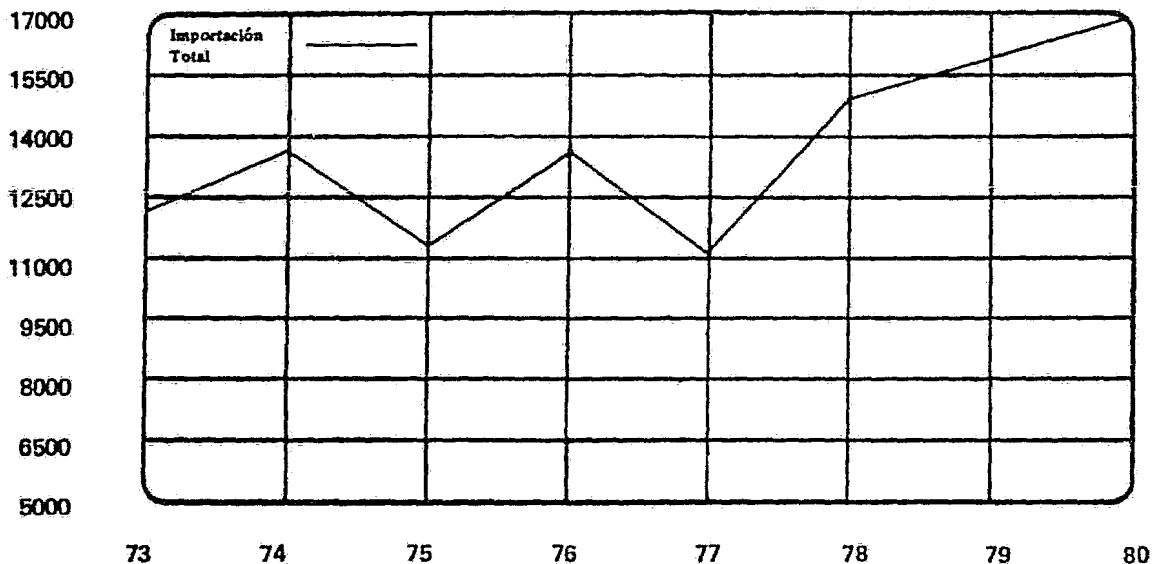


IMPORTACIONES DE HULE Y LÁTEX SINTÉTICOS ESPECIALES
(TONS.)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Cloropreno (Látex)	894	1,127.6	551	725	447	701.3	636.7	905.9
Cloropreno (Sólido)	3,058	3,428.3	2,760	3,152	2,403	3,635.2	4,127.5	4,251.1
Hule Butilo (Sólido)	5,345.3	5,236.3	5,140	6,501	5,606	7,447.9	7,691.0	8,517.0
Polibutadieno (Látex)	0.1	7	42*	32*	31*	18.4*	33.8*	15.9*
Polibutadieno Acrilonitrilo (látex)	471.9	382.7	112	131	32	27.8	112.3	152.9
Polietileno Propileno (Sólido)	621.5	1,507.8	1,186	1,610	1,126	1,836	2,189.9	1,989.6
Poliisopreno (Látex)	0.8	30.4	42*	32*	11*	18.4*	33.8*	15.9*
Poliisopreno (Sólido)	1,868	1,985.6	1,324	1,519	1,314	1,301.3	1,142.8	1,093.8
Tioplastos (Látex)	32	33	56	37	68	30.9	17.0	25.6
Tioplastos (Sólido)	8	2.6	2	0.2	3	2.6	6.8	5.7
T O T A L	12,299.6	13,741.3	11,173	13,707.2	11,030	15,001.4	15,957.8	16,957.5

FUENTES: S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas.
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

- NOTAS: (1) No existe fabricación nacional de estos hules.
(2) Las cifras de importación de látex son consideradas en base húmeda.
(3) Las cifras con asterisco corresponden a la misma fracción.

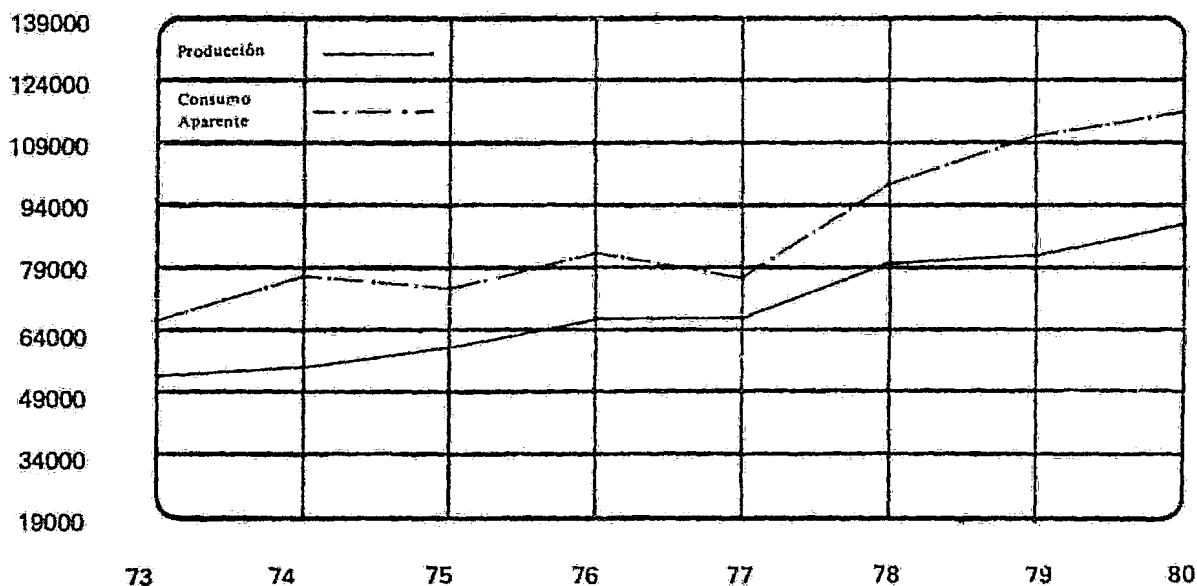


**CONSUMO APARENTE DE HULE Y LATEX SINTETICOS
(TONS.)**

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción	54,304	54,405	59,935	61,850	66,567	80,272	84,426	90,770
Importación	14,389.6	24,248.3	14,503.5	16,015.2	17,924.0	21,667.7	27,188.2	26,363.2
Exportación	1,477.0	409.5	197.0	1,174.0	2,076.0	1,272	788.0	579.3
Consumo Aparente	67,216.6	78,243.8	74,241.5	83,691.2	77,416.0	100,607.7	110,828.2	116,553.9
Crecimiento C. A. o/o	15.9	16.4	(5.1)	12.7	(7.5)	30.0	10.1	5.16
Capacidad Instalada	80,125	80,125	80,125	92,580	94,000	100,100	105,100

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa.
S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

NOTAS: (1) Este cuadro recopila la información de todos los hules y látex sintéticos consumidos en México.



**IMPORTACIONES DE HULE Y LATEX NATURALES
(TONS.)**

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
HULE NATURAL	24,974.7	29,312.3	30,456.4	33,896.2	32,334	37,170.9	35,718.8	41,674.1
LATEX NATURAL	3,357.6	3,532	3,371.1	3,913.1	3,777	4,763.3	5,119	5,689.1
TOTAL	28,332.3	32,844.3	33,825.5	37,809.3	36,111	41,934.2	40,837.8	47,363.2

FUENTES: S.I.C. Dirección General de Estadística
S.P.P. Dirección General de Estadística
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

NOTAS: (1) Las cifras de látex natural están dadas en base seca

