

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA INCORPORADA A LA U.N.A.M.
ESCUELA DE QUIMICA**

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA VULCANIZACION
DE UNA LLANTA CONSTRUIDA CON CUERDAS NYLON
GIGANTES Y UNA CON CUERDAS NORMALES.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

JOSE ALBERTO VARGAS AGUIRRE

MEXICO, D. F.

1965





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.

**A la memoria de mi querida madre
SRA. AURORA AGUIRRE DE VARGAS**

**Dedico esta tesis a mi padre
SR. JORGE VARGAS AGUIRRE
a quien le debo todo lo que soy.**

Quiero agradecer al
SR. DALE PERREN
Gerente de la Cía. Hulera
Goodyear-Oxo el haberme
dado todas las facilidades
para la elaboración de este
trabajo.

A todo el personal del
Departamento Técnico
por su valiosa ayuda y
gran camaradería que
me dispensaron

**A todos mis Maestros, Compañeros y
Amigos que de un modo u otro han
compartido conmigo sus conoci_mien_
tos, experiencias y amistad.**

I N D I C E

- I.- INTRODUCCION
- II.- GENERALIDADES
- III.- RESULTADOS EXPERIMENTALES
- IV.- DISEÑO DE EQUIPO Y DIAGRAMA DE FLUJO
- V.- CONCLUSIONES
- VI.- BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I

INTRODUCCION

El mercado de llantas de caucho en nuestro país se ha visto favorecido por la gran cantidad de vehículos de todas clases que por el circulan, y que aumentan día con día. Desde las llantas de carretillas hasta las enorme muevetierras, pasando por toda la gama entre ellas comprendida, están construídas de una forma similar: un armazón de cuerda ahulada que sustenta a las partes exteriores de la llanta.

Sin embargo, no obstante la aparente sencillez de su constitución, la técnico ha avanzado enormemente para conseguir mejorar las propiedades físicas y químicas de las llantas y ha logrado fabricar más y mejores llantas al menor precio posible.

Así, todas las industrias afines a esta, como la del hule sintético, la de las fibras artificiales, y en general toda la industria química ha desarrollado toda clase de productos como: aceleradores, antioxidantes, plastificantes, pigmentos, retardadores, etc., y muchas otras nuevas técnicas a favor de la industria llantera.

La de las fibras artificiales ha logrado producir fibras de nylon-

de mayor resistencia, y por lo tanto ha logrado reducir el número de capas en las llantas, abatiendo de esta forma los costos de producción y - mejorando las propiedades internas y externas de las llantas.

Este estudio va enfocado al empleo de "cuerdas gigantes de -- nylon" en la construcción y vulcanización de llantas para camión, en vez de las cuerdas convencionales de nylon que actualmente se usan.

Las medidas de las llantas que se experimentaron son: 10.00-20 que corresponden respectivamente al diámetro de la sección radial (distancia de hombro a hombro), y a la medida del aro o rim. Todas estas medidas están dadas en pulgadas.

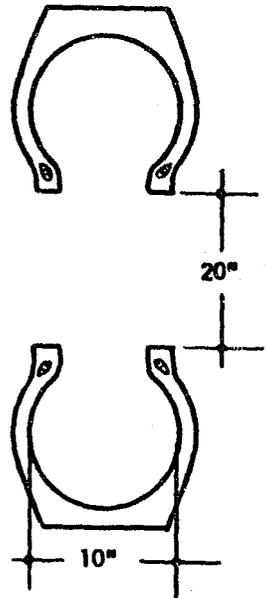


Fig. 1 Corte de una llanta

PRODUCCION DE LLANTAS (3)

	1963	1964	1965
Número de establecimientos	5		
Producción de llantas de automóviles	832 600	880 920	975 660
Producción de llantas de camiones	697 202	825 500	863 040
Kilómetros totales por llanta de automóviles	78 250	84 050	92 000
Kilómetros totales por llanta de camiones	152 330	161 250	188 500

Notas:

- 1) Los datos para el año de 1965 son solamente estimados.
- 2) Los kilómetros totales por llanta, incluyen piso original y recubiertas.
- 3) En estas estadísticas están incluidas todas las medidas de llantas para coches y camiones.

CAPITULO II

GENERALIDADES

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA LLANTA

Las partes constitutivas de una llanta son: un armazón constituido por un número determinado de capas de cuerda ahulada que pueden ser - de algodón, rayón, nylon, polliester, etc. Su función principal consiste en soportar las cargas a las que va a estar sujeta la llanta, y su mayor o menor resistencia depende de la calidad y cantidad de la cuerda empleada.

Una capa delgada de hule llamada cojín, que es un elemento - de unión entre el armazón y el piso, y que sirve para aumentar la adhesión entre éstos.

Dos o más semicapas amortiguadoras compuestas generalmente - de cuerda ahulada que son parte del armazón y que tienen por función a - tenuar los efectos que los agentes externos pudieran causar a la parte interna de la llanta.

El piso, que es el componente principal de hule y que va en la zona de rodamiento de la llanta, éste va a resistir el desgaste, los golpes, las rajaduras y el calor o frío exteriores.

Las cejas, que están formadas por un número definido de alambres ahulados y envueltas con lona ahulada, se colocan en los extremos de la llanta y sirven para asegurar la llanta al aro o rim del vehículo, sellando perfectamente esta zona y evitando fugas de presión en las llantas.

Los costados, compuestos de hule que forman un solo cuerpo con el piso, viniendo a ser su prolongación.

FABRICACION DE UNA LLANTA

Da principio colocando en un tambor de acero las bandas que están formadas por varias capas ahuladas unidas entre sí.

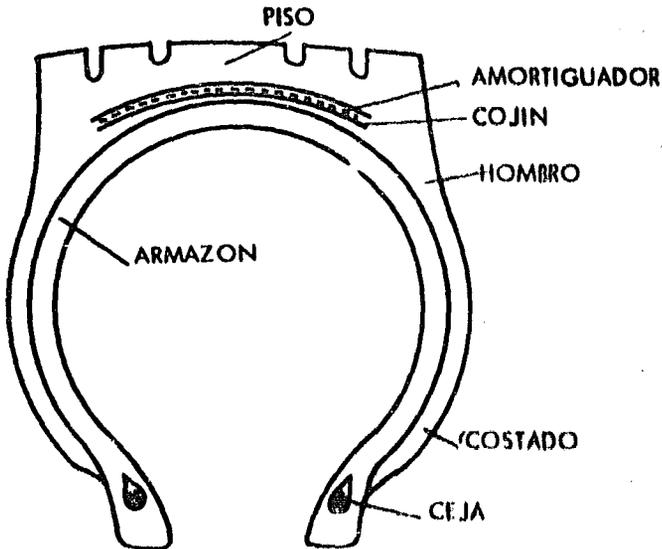


FIG.2.- PARTES PRINCIPALES DE UNA LLANTA (9)

Estas bandas se doblan en sus extremos y ahí se colocan las cejas envolviéndolas con las mismas bandas. Previamente a la última de las bandas se le colocan los amortiguadores, y esta banda es doblada inversamente envolviendo a las primeras bandas y a las cejas, e seguida se colocan unas tiras de lona ahulada denominadas placas o tiras de rozadura o frotamiento. Por último se pega el piso en el centro de la llanta y a sus lados los costados, la llanta así construída se lleva a una máquina de expandir donde a presión se le introduce una "bolsa" que es una cámara de hule gruesa y por último se lleva a la prensa de vulcanización donde se vulcaniza la llanta por medio de vapor y agua caliente a presión que se introduce a la bolsa.

DIFERENCIA ENTRE CUERDAS NYLON GIGANTES Y CUERDAS NORMALES

Las cuerdas nylon normales están compuestas de dos hebras de nylon enrolladas en posición "s" ó "z" según se muestra en la figura 3.

Las cuerdas nylon gigantes están formadas de tres hebras enrolladas en "z" dos de ellas y en "s" con la restante, o inversamente dando a la cuerda mayor fuerza.

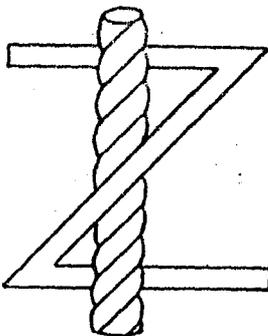
Por definición, el peso en gramos de 9000 metros de una de las hebras que componen una cuerda se llama "denier".

Para conocer las características de las cuerdas hay una clave - establecida que se interpreta de la siguiente manera: por ejemplo en este estudio se usaron dos clases:

1260/2 y 1260/3

en el primer caso el número 1260 es el denier, y el número 2 es el número de hebras de que se compone la cuerda. En el segundo caso el denier es el mismo pero el número de hebras varía a 3.

Es evidente que la cuerda que tiene más hebras ó sea la "cuerda gigante" tiene más resistencia que la otra clase de cuerda o sea la normal. Por eso es que en una llanta en la que se usan cuerdas gigantes, aunque en su costado se lee: CAPACIDAD 12 CAPAS, en realidad sólo tiene la mitad y aún puede llegar el caso en que sólo tenga la tercera y hasta la sexta parte de ellas, pero su resistencia es exactamente la misma.



TORSION - Z
DERECHA

TORSION - S
IZQUIERDA

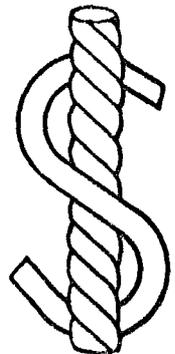


FIG. 3 ENROLLADO DE LAS CUERDAS (4)

VULCANIZACION OPTIMA

La vulcanización óptima de un compuesto de hule es aquella que le da al producto las propiedades físicas deseables para el uso al que se le destina.

Una manera sencilla de evaluar la vulcanización de un compuesto es medir su resistencia al alargamiento, prueba que se hace en una máquina Goodyear-Albertoni.

En esta máquina se colocan láminas delgadas de hule vulcanizadas a diferentes temperaturas y a determinados intervalos de tiempo, y se les prueba su resistencia al alargamiento, usualmente a 300% ó sea 3 veces su longitud original; a esto se le llama "módulo a 300%".

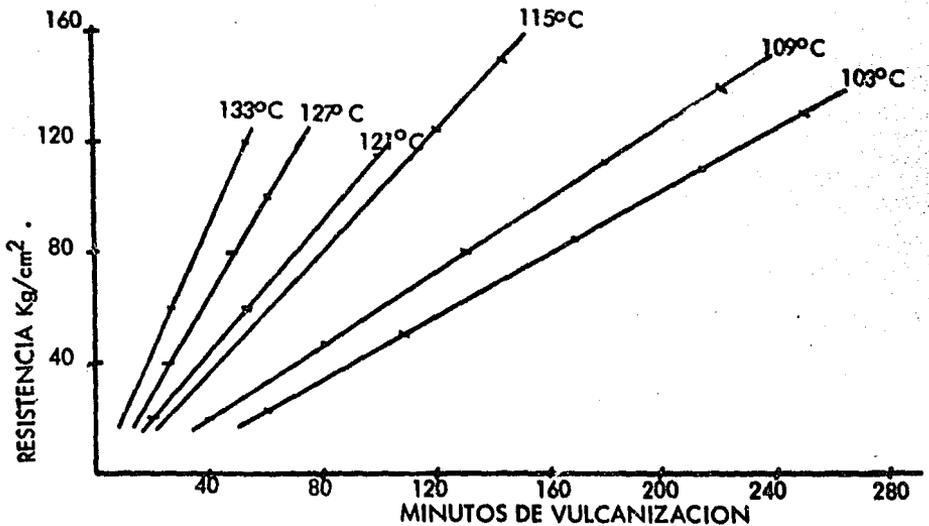


FIG. 4.- RESISTENCIA AL ALARGAMIENTO DE VARIAS MUESTRAS DE UN MISMO COMPUESTO (10)

De la figura 4 se escoge una de las temperaturas y se traza una curva de módulo a 300% para diferentes espacios de tiempo, estimándose el tiempo óptimo de vulcanización aquel en el que la resistencia al es tiramiento sea mayor.

Como se puede observar en la figura 5, el tiempo óptimo de vul canización es de 70 minutos a 135°C (275°F), y se indica de la siguiente manera: 70/135 ó 70/275. Se toma como óptimo el tiempo mínimo en el que el producto alcanza el mejor módulo aunque la curva permanezca con la misma pendiente por cierto espacio de tiempo.

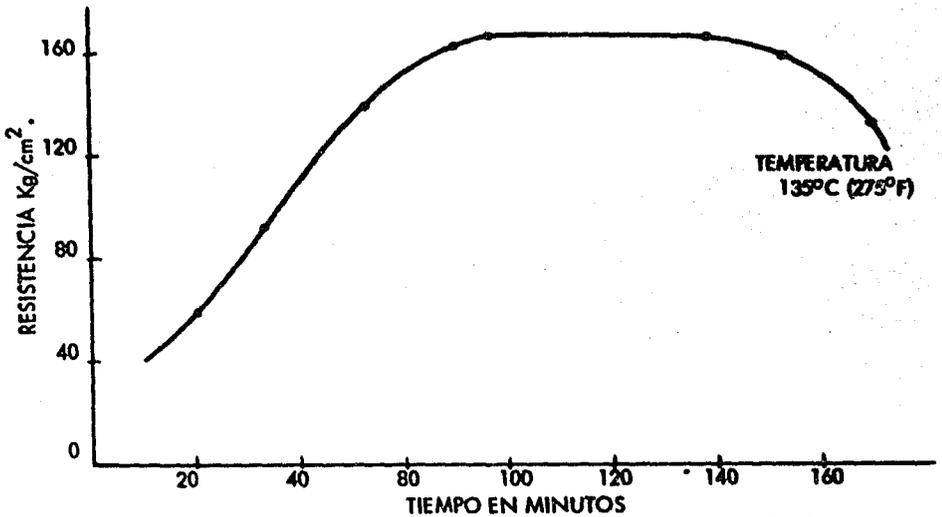


FIG. 5.- CURVA DE MODULO A 300% DEL COMUESTO ANTERIOR (7)

CAPITULO III

RESULTADOS EXPERIMENTALES

COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE VULCANIZACION

Se va a trabajar en un estado inestable, es decir, la temperatura va a estar cambiando constantemente; por lo tanto, se necesitan determinar vulcanizaciones equivalentes a diferentes temperaturas y tiempos para un mismo material.

Se pueden obtener vulcanizaciones equivalentes si se escoge una resistencia común a todas las curvas de la figura 4. Si se relaciona tiempo con temperatura, se obtiene una gráfica en la que se puede leer el tiempo y la temperatura que producen vulcanizaciones equivalentes en un mismo componente.

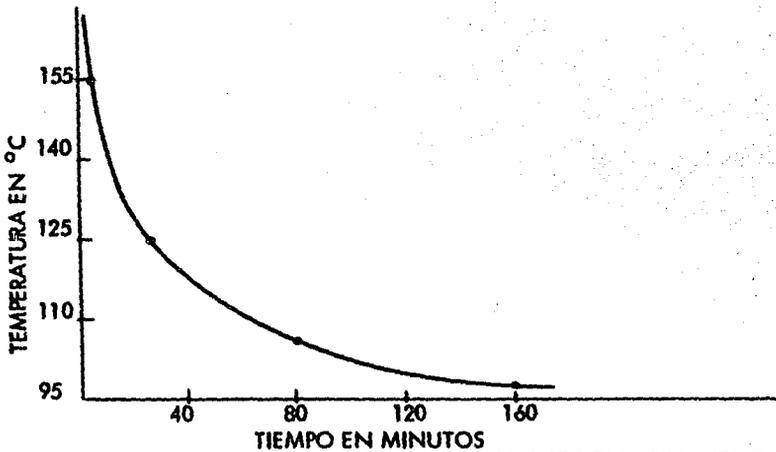


FIG. 6.- VULCANIZACIONES EQUIVALENTES PARA UN MISMO COMPONENTE (10)

La velocidad se puede obtener dividiendo $\frac{1}{T}$ en la gráfica anterior, pero se prefiere determinar una escala de valores arbitraria.

Park y Maxwell en investigaciones hechas en la Goodyear (8), encontraron que el coeficiente de temperatura de vulcanización es de 1.50 por 10°F ó bien 1.94 por cada 10°C. Dicho coeficiente es el cambio en velocidad de vulcanización que es causado por un cambio en la temperatura.

Se traza una gráfica relacionando velocidad con temperatura, asignando a la temperatura mínima de vulcanización con que se va a trabajar, que será de 93°C (200°F), una velocidad de vulcanización igual a .1

Cada cambio en la pendiente de la curva representa un cambio en la velocidad.

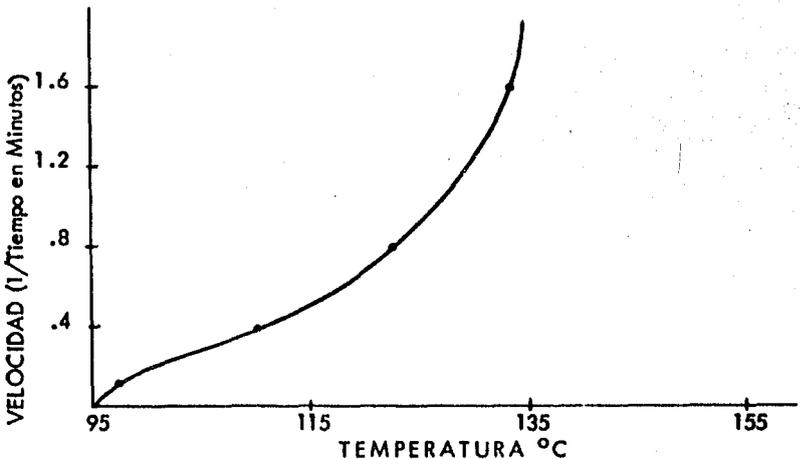


FIG. 7.- CURVA DE VULCANIZACION (10)

LOCALIZACION DE LOS TERMOPARES

Se fijan los termopares en los puntos críticos, en este caso --- diez termopares distribuidos en seis puntos críticos, como sigue:

<u>Puntos mínimos</u>		<u>Clave</u>
Hombro sobre armazón	3 termopares	(a)
Cejas	2 termopares	(b)
<u>Puntos máximos</u>		
Hombro entre piso	2 termopares	(c)
Piso central	1 termopar	(d)
1/a. capa del costado	1 termopar	(e)
1/a. capa del centro	1 termopar	(f)

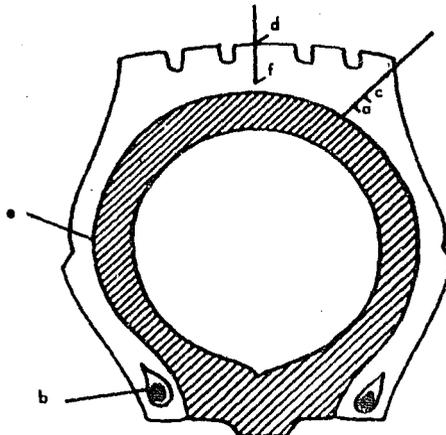


FIG. 8 LOCALIZACION DE LOS TERMOPARES EN LA LLANTA (1)

La importancia de estos puntos críticos estriba en la posición y función que estas partes desempeñan en la llanta. Los elementos que se deben tomar en cuenta son los siguientes:

Piso

Requiere un compuesto con gran resistencia a la tracción, módulo alto y de buena elongación. En llantas de camión suele tener una vulcanización óptima de 70/275°F y va a ser uno de los puntos de máxima vulcanización por estar en contacto con el molde; por lo tanto hay que ver qué tanta sobrevulcanización puede admitir mediante la gráfica número 5, para obtener un buen producto y poder dar una vulcanización adecuada a los puntos de vulcanización mínima.

Capas exteriores

El compuesto de hule que recubre a estas capas, debe poseer buena conductividad térmica y buena flexión, esto se logra mediante una vulcanización regular que puede ser 40/275.

Capas interiores

Este compuesto requiere un módulo mediano, buen alargamiento y gran resistencia al calor; la vulcanización adecuada de esta parte es similar a las de las capas exteriores.

Cojín amortiguador

Al igual que el amortiguador la función de éste componente de la llanta es reducir el rozamiento y disipar el calor entre el piso y el armazón, por lo tanto la vulcanización de éste componente es de 40/260°F.

Aislante de Cejas

Debe ser flexible, tener adhesión con el alambre que se use y suficiente rapidez en la vulcanización que por lo regular es de 40/260. Este es uno de los puntos de vulcanización mínima de la llanta, por lo que hay que hacer uso de la gráfica número 5 para determinar el límite debajo del cual ya no es útil el producto.

La sección del hombro sobre el armazón como se puede observar en el corte seccional de la llanta, está colocado entre las capas interiores y la exteriores, o sea, que es la zona más aislada del calor y donde hay un atraso en la temperatura de vulcanización con respecto a los demás puntos de la llanta, es aquí dónde hay que tener más regulada la temperatura para ver cuando se alcanza la óptima de vulcanización; esta es la razón de colocar en esta zona tres termopares, para tener la seguridad del buen funcionamiento de cualquiera de ellos.

COLOCACION DE LOS TERMOPARES

La colocación de los termopares se lleva a efecto siguiendo - los planos de construcción de la llanta que proporcionan las medidas - exactas para fijar cada uno de los componentes referidos a la línea central tomada como eje de simetría. Así que sólo es necesario poner los- termopares durante la construcción de la llanta teniendo cuidado de que todos los alambres salgan por el mismo sitio.

Las terminales de los termopares que van dentro de la llanta - se lijan, para quitarles el forro protector y el esmalte aislador, de ma- nera que queden completamente limpias para que puedan dar buenas lecturas; se tuercen y se sueldan de manera que quede $\frac{1}{2}$ centímetro libre - que es el que se introduce en los diferentes puntos de la llanta.

De una manera similar se limpian las otras terminales, pero no se tuercen ni se sueldan sino que se colocan todos los alambres en una - tabla, teniendo cuidado de localizar el punto de referencia de cada uno de los termopares; para tomar la lectura de cualquiera de ellos, se co- necta una de las terminales a un termo con hielo para poner el termopar de referencia siempre a 0°C y la otra se conecta al potenciómetro.

Una vez que empieza la vulcanización se toman lecturas de todos los termopares con intervalos de diez minutos, dichas lecturas las dá

el aparato en milivoltios, pero hay una tabla que las convierte a temperaturas.

Los termopares que se usan en estos experimentos son de constantán y cobre.

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

La llanta que se vulcanizó primero fué la de cuerdas gigantes, usando vapor en el molde y agua a presión en la bolsa.

La llanta de cuerdas nylon normales se vulcanizó con vapor en ambos lados.

El vapor que se usó fué de 210# a 389°F, y el agua a 400# a una temperatura de 357°F.

Las temperaturas que se fueron obteniendo se transformaron a velocidad por medio de la gráfica que relaciona velocidad con temperatura.

Una vez teniendo los datos de tiempo y velocidad, se procedió a trazar una gráfica donde el eje de las abscisas corresponde al tiempo y el de las ordenadas a la velocidad.

Se dibujó una curva para cada una de las partes de la llanta donde hay termopares, y se integró el área bajo cada una de estas curvas con un planímetro para mayor rapidez y exactitud.

Se obtuvo la equivalencia de una unidad de superficie de acuerdo con los valores de la gráfica, y se multiplicó este valor por las unidades totales de cada una de las curvas, obteniéndose de esta forma la vulcanización total de cada una de las partes de la llanta que se de se aban conocer.

Por último, se dividió cada uno de estos valores por la velocidad a 135°C (275°F) obteniéndose los minutos de vulcanización óptima para cada uno de los componentes de la llanta.

Todo esto se hace por separado para cada una de las llantas.

Se hizo un segundo experimento con otro par de llantas de las mismas características que las anteriores.

La llanta de cuerdas gigantes se vulcanizó con vapor de 210# en molde y agua a 400# en la bolsa.

La llanta de cuerdas nylon normales se vulcanizó con dos clases de vapor: de 210# a 389°F y de 110# a 341°F, variando los tiempos de vulcanización de cada uno de estos flúidos hasta lograr obtener el tiempo de vulcanización óptima para los diferentes componentes de la llanta.

PRIMER EXPERIMENTO

LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	2/a. Ceja
10		209		266		---		---	---
20		268		274		197		187	206
30		286		277		230		224	234
40		291		278		250		248	250
50		293		278		265		265	263
60		293		278		273		275	270
70		293		278		279		283	276
80		298		279		283		286	279
90		291		279		284		288	281
100		291		279		285		289	282
110		291		278		285		289	282
120		290		279		285		289	283
130		287		---		---		---	---
15		205		---		267		269	218
30		184		---		229		233	187

* Termina la vulcanización con presión y dá principio el enfriamiento.

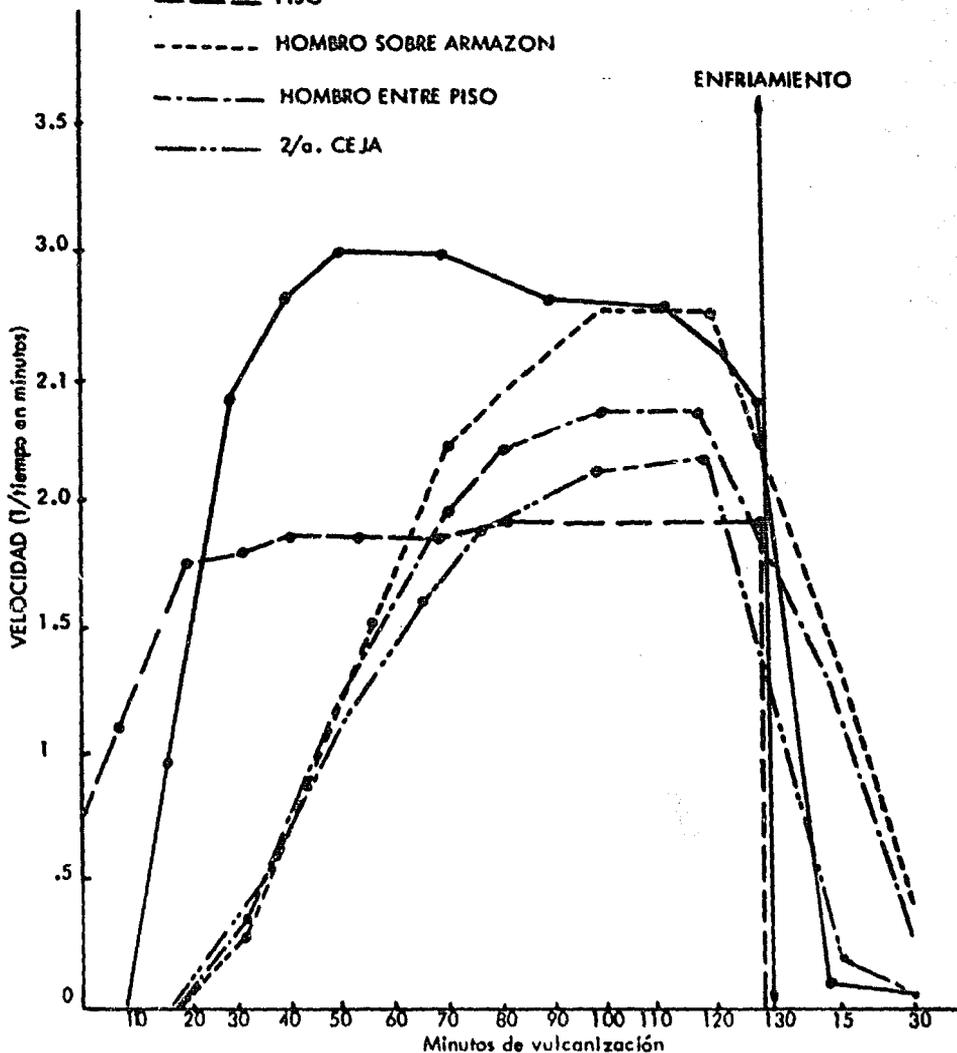
PRIMER EXPERIMENTO

LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION Y TIEMPO.

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Copa Costado	1/a. Copa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Amazón	Hombro Sobre Amazón	2/a. Ceja
10		0.14		1.26		---		---	---
20		1.35		1.65		0.08		0.05	0.12
30		2.42		1.82		0.33		0.26	0.30
40		2.83		1.88		0.71		0.66	0.71
50		3.01		1.88		1.21		1.21	1.13
60		3.01		1.88		1.59		1.70	1.44
70		3.01		1.88		1.94		2.20	1.76
80		2.92		1.94		2.20		2.42	1.94
90		2.83		1.94		2.27		2.58	2.07
100		2.83		1.94		2.35		2.66	2.13
110		2.83		1.88		2.35		2.66	2.13
120		2.74		1.94		2.35		2.66	2.20
130		2.50		----		----		----	----
15		0.12		----		1.30		1.39	0.20
30		0.05		----		0.32		0.37	0.05

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20
PRIMER EXPERIMENTO

- 1/a. CAPA COSTADO
- - - PISO
- - - HOMBRO SOBRE ARMAZON
- · - HOMBRO ENTRE PISO
- · · 2/a. CEJA



RESULTADO DE LA LLANTA DE CUERDAS GIGANTES

PRIMER EXPERIMENTO

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del planímetro correspondiente a 100 cm² = 1.04

2 unidades de vulcanización x 100 de tiempo = 200

Velocidad a 275°F = 1.705

∅ = unidades de superficie

$$\frac{200}{1.705 \times 1.04} \times \emptyset = \text{minutos de vulcanización a } 275^{\circ}\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 191.20 minutos/275°F Límite máximo 215 min./275°F
Valor correcto

Exterior del piso

Total = 130 minutos/275°F Límites 105-130 minutos/275°F
Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 81.20 minutos/275°F Límites 70-130 minutos/275°F
Valor correcto

Hombro sobre armazón

Vulcanización con presión	= 102 minutos/275°F	Límite mínimo 31 min/275°F
Enfriamiento	= 28 minutos/275°F	
Total	= 130 minutos/275°F	Límites 70-130 min/275°F

Valor correcto

Segunda ceja

Vulcanización con presión	= 91.20 minutos/275°F	Límite mínimo 25 min/275°F
Enfriamiento	= 7.07 minutos/275°F	
Total	= 98.27 minutos/275°F	Límite mínimo 40 min/275°F

Valor correcto

PRIMER EXPERIMENTO

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	2/a. Ceja
10		250		278		---		---	169
20		313		291		229		212	226
30		314		292		259		252	261
40		314		293		273		270	276
50		315		294		285		286	287
60		314		295		292		284	293
* 70		310		288		294		299	296
10		280		213		290		295	294
20		286		207		264		276	260
30		218		192		237		253	227

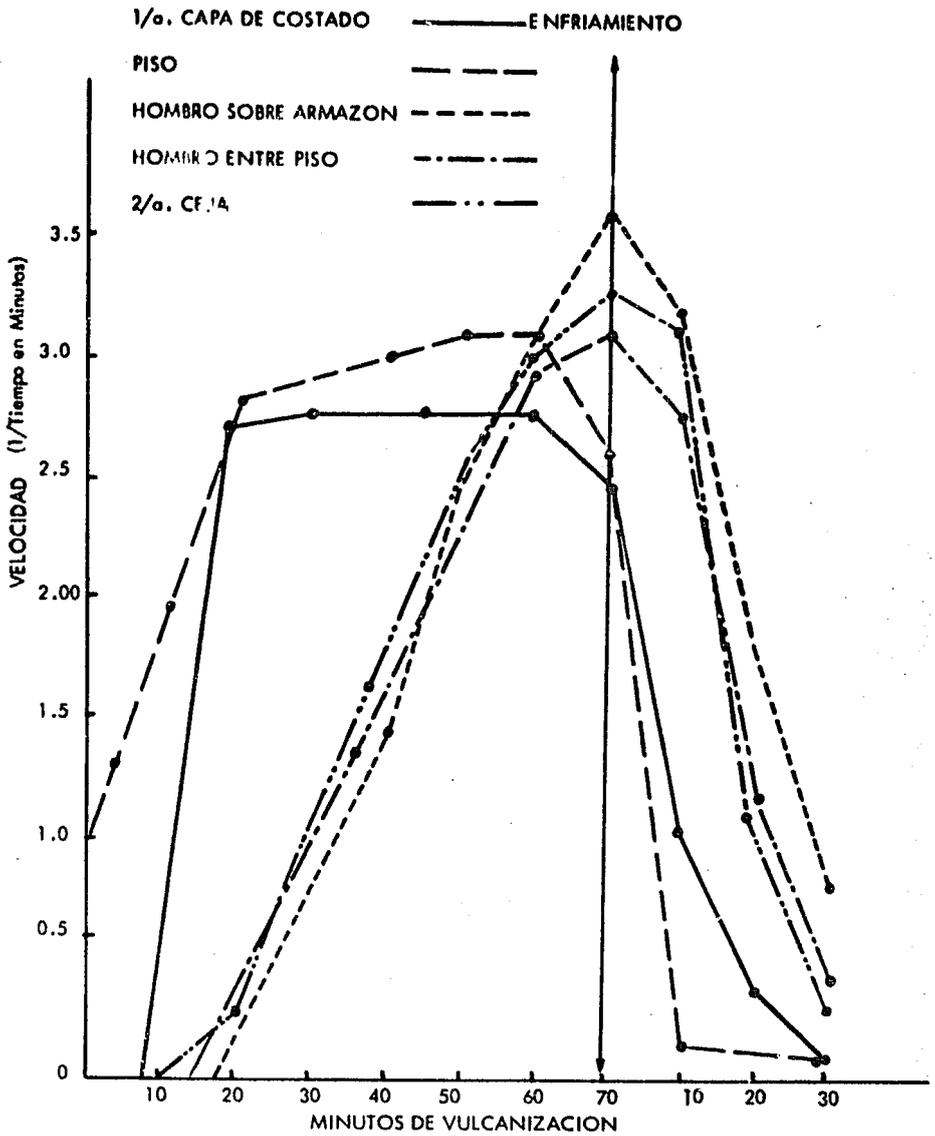
* Se corta el vapor al molde y da principio el enfriamiento.

PRIMER EXPERIMENTO

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION Y TIEMPO

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	2/a. Ceja
10		0.72		1.88		----		----	0.03
20		5.42		2.83		0.32		0.16	0.28
30		5.57		2.92		0.99		0.77	1.06
40		5.57		3.01		1.59		1.44	1.76
50		5.57		3.10		2.35		2.42	2.50
60		5.57		3.10		2.92		3.10	3.01
70		4.97		2.58		3.10		3.61	3.30
10		2.00		0.16		2.74		3.20	3.10
20		0.62		0.13		1.18		1.76	1.02
30		0.20		0.07		0.44		0.80	0.29

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20
PRIMER EXPERIMENTO



RESULTADO DE LA LLANTA DE CUERDAS NORMALES

PRIMER EXPERIMENTO

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del planímetro correspondiente a 100 cm² = 1.04

2 unidades de vulcanización x 66.6 de tiempo = 133.2

Velocidad a 275°F = 1.705

∅ = unidades de superficie

$$\frac{133.2}{1.705 \times 1.04} \times \emptyset = \text{minutos de vulcanización a } 275^{\circ}\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 213 minutos/275°F Límite máximo 215 min/275°F

Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 88 minutos/175°F Límites 70-130 minutos/275°F

Valor correcto

Hombro sobre amazón

Vulcanización con presión = 51 minutos/275°F Límite mínimo
31 min/275°F

Enfriamiento = 51 minutos/275°F

Total = 110 minutos/275°F Límites 70-130
Min/275°F

Valor correcto

SEGUNDO EXPERIMENTO

LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	2/a. Ceja
10		232		259		148		---	---
20		275		277		204		191	205
30		291		281		243		235	242
40		296		282		261		256	259
50		297		283		275		272	271
60		297		283		282		281	278
70		296		284		286		286	282
80		295		283		288		289	285
90		295		283		289		289	285
100		294		283		288		289	286
* 110		294		283		288		289	286
10		206		↓		267		277	220
20		171		↓		239		251	204
30		160		↓		227		240	196

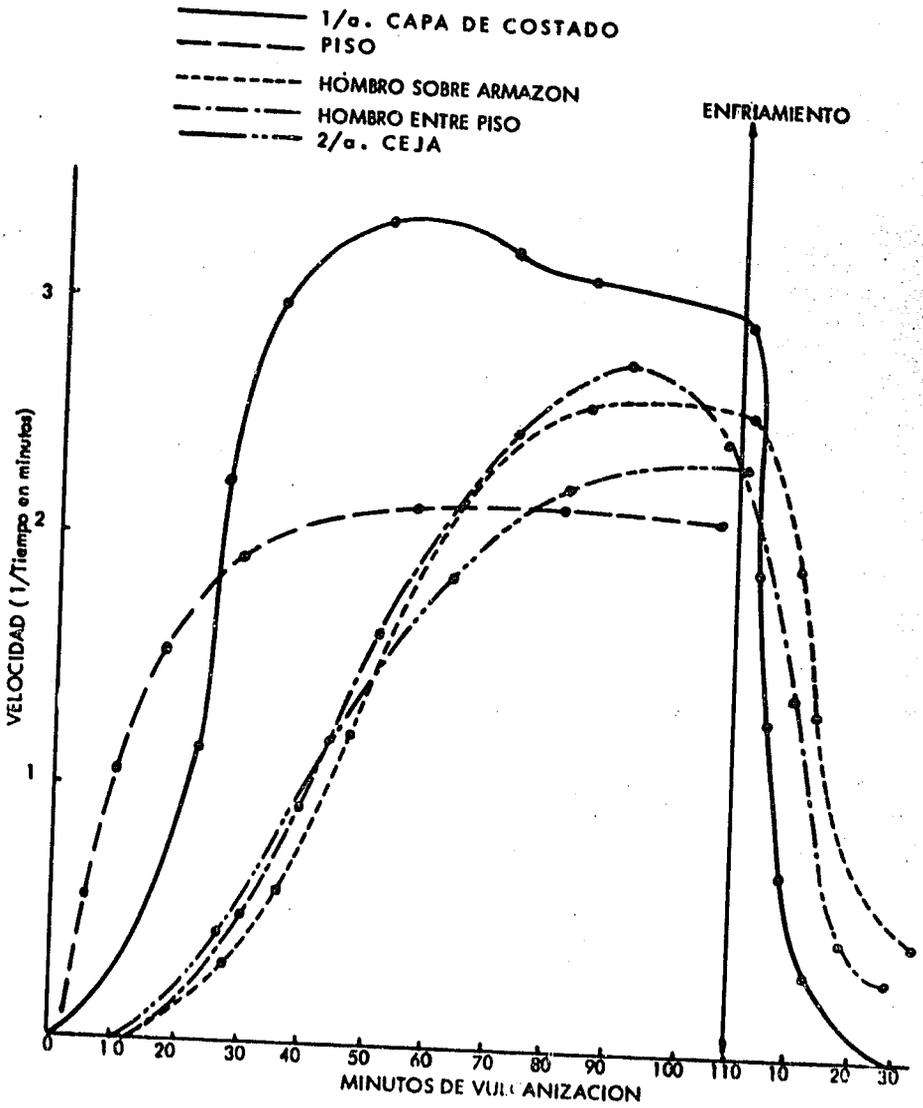
* Termina la vulcanización con presión y da principio el enfriamiento.

SEGUNDO EXPERIMENTO

LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION Y TIEMPO

Tiempo en Minutos	1/a. Coja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a. Coja
10		0.36		0.99		---		---	---
20		1.70		1.82		0.11		0.07	0.12
30		2.85		2.07		0.55		0.41	0.53
40		3.30		2.14		1.06		0.89	0.99
50		3.40		2.21		1.70		1.54	1.49
60		3.40		2.21		2.13		2.07	1.88
70		3.30		2,28		2.42		2.42	2.14
80		3.20		2.21		2.58		2.66	2.35
90		3.20		2.21		2.66		2.66	2.35
100		3,10		2.21		2.58		2.66	2.42
110		3.10		2.21		2.58		2.66	2.42
10		0.13		↓		1.30		1.82	0.22
20		0.03		↓		0.47		0.74	0.11
30		0.02		↓		0.29		0.49	0.08

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA EXPERIMENTAL 10.00-20
SEGUNDO EXPERIMENTO



RESULTADOS DE LA LLANTÁ DE CUERDAS GIGANTES:

SEGUNDO EXPERIMENTO

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del planímetro correspondiente a $100 \text{ cm}^2 = 1.04$

2 unidades de vulcanización x 80 de tiempo = 160

Velocidad a $275^\circ\text{F} = 1.705$

ϕ = unidades de superficie

$$\frac{160}{1.705 \times 1.04} \times \phi = \text{minutos de vulcanización a } 275^\circ\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 176.84 minutos/ 275°F Límite máximo 215 min/ 275°F

Valor correcto

Exterior del piso

Total = 122.30 minutos/ 275°F Límites 105-130 minutos/ 275°F

Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 126.3 minutos/ 275°F Límites 70-130 minutos/ 275°F

Valor correcto

Hombro sobre armazón

Vulcanización con presión = 90.2 minutos/275°F Límite mínimo
31 min/275°F

Enfriamiento = 30.7 minutos/275°F

Total = 120.9 minutos/275°F Límites 70-130
min./275°F

Valor correcto

Primera Ceja

Vulcanización con presión = 83.9 minutos/275°F Límite mínimo
25 min/275°F

Enfriamiento = 16.0 minutos/275°F

Total = 99.9 minutos/275°F Límite mínimo
40 min/275°F

Valor correcto

SEGUNDO EXPERIMENTO (1/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a. Ceja	
10		230		273		----		----	----	
20		308		289		189		213	213	
30		315		291		229		245	245	
40		316		291		253		263	264	
50		315		290		271		276	276	
60		315		291		284		285	285	
70		315		288		291		290	289	
* 80		314		↓		294		291	291	
10		294				297		292	289	
20		234				290		278	264	
30		180				262		244	221	

* Se corta el vapor al molde y da principio el enfriamiento.

En esta vulcanización se usó vapor de 110° durante los primeros 55 minutos y vapor de 210° los 25 minutos restantes.

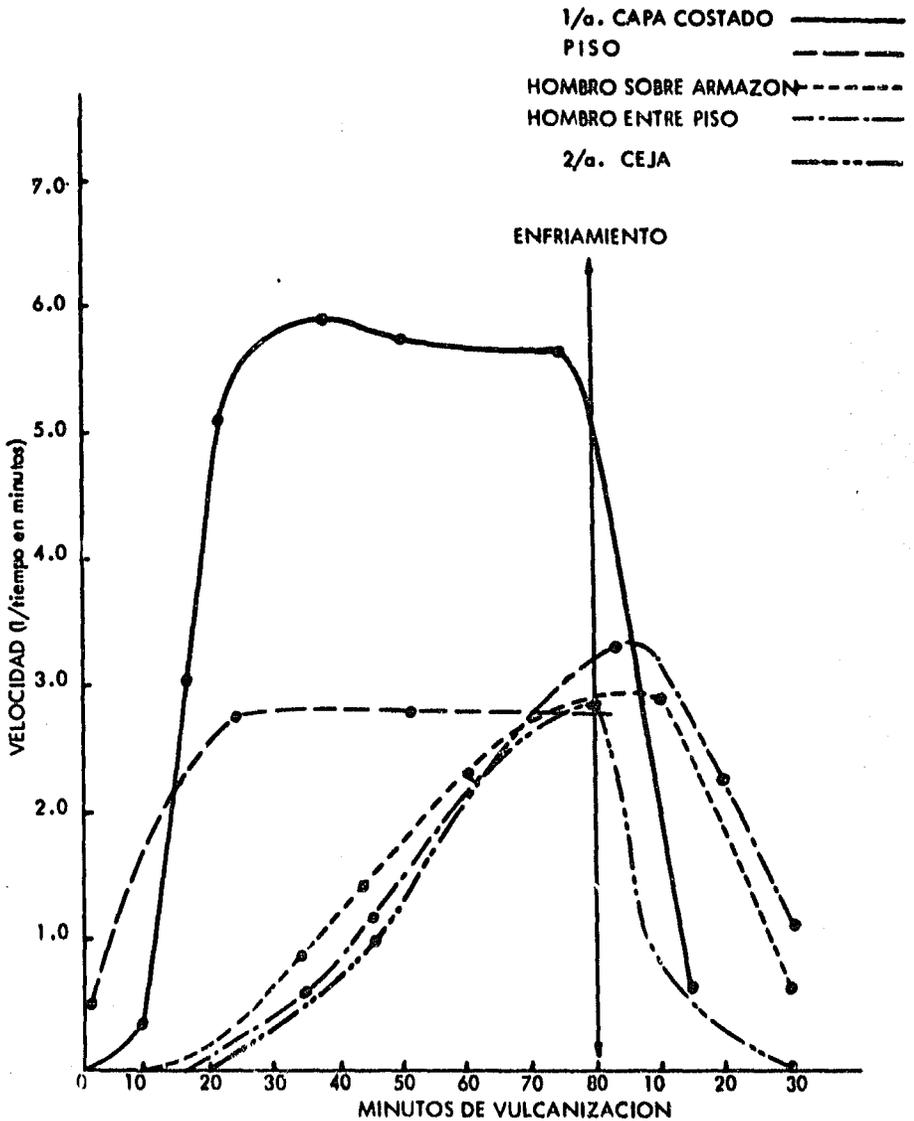
El tiempo de vulcanización óptima para la primera capa del costado sobrepasó los límites establecidos, teniendo que hacer una segunda prueba para lograr que esta parte de la llanta no se sobrevulcanizara.

SEGUNDO EXPERIMENTO (1/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION
Y TIEMPO

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a. Ceja
10		0.33		1.60		----		----	----
20		4.70		2.66		0.06		0.16	0.16
30		5.73		2.92		0.32		0.59	0.59
40		5.89		2.83		0.37		1.13	1.17
50		5.73		2.83		1.49		1.76	1.76
60		5.73		2.74		2.28		2.35	2.35
70		5.73		2.83		2.83		2.74	2.66
80		5.57		2.58		3.10		2.83	2.83
10		3.10		↓		3.40		2.92	2.66
20		0.39				2.74		1.88	1.17
30		0.04				1.10		0.57	0.23

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20
(1/a. Prueba) SEGUNDO EXPERIMENTO



RESULTADOS DE LA LLANTA DE CUERDAS NORMALES

SEGUNDO EXPERIMENTO (1/a prueba)

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del planímetro correspondiente a 100 cm² = 1.04

4 unidades de vulcanización x 80 de tiempo = 320

Velocidad a 275°F = 1.705

∅ = unidades de superficie

$$\frac{320}{1.705 \times 1.04} \times \emptyset = \text{minutos de vulcanización a } 275^{\circ}\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 240 minutos/275°F Límite máximo 215min/275°F

Zona sobrevulcanizada

Exterior del piso

Total = 116.71 minutos/275°F Límites 105-130 min/275°F

Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 97.6 minutos/275°F Límites 70-130 minutos/275°F

Valor correcto

Hombro sobre armazón

Vulcanización con presión	= 55.46 minutos/275°F	Límite mínimo 31 min/275°F
Enfriamiento	= 40.86 minutos/275°F	
Total	= 96.32 minutos/275°F	Límites 70-130 min/275°F

Valor correcto

Primera Ceja

Vulcanización con presión	= 44.32 minutos/275°F	Límite mínimo 25 min/275°F
Enfriamiento	= 11.93 minutos/275°F	
Total	= 56.25 minutos/275°F	Límite mínimo 40 min/275°F

Valor correcto

SEGUNDO EXPERIMENTO (2/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	2/a.Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a.Ceja
10		237		267		----		----	----
20		304		288		184		209	214
30		324		292		229		246	249
40		322		294		257		270	271
50		319		294		279		286	285
60		318		294		292		294	292
70		317		294		301		299	297
* 80		314		292		305		300	297
10		296		↓		307		300	295
20		271		↓		301		284	259
30		250		↓		289		261	227

* Se corta el vapor al molde y da principio el enfriamiento.

En esta prueba se usó vapor de 110° los primeros 60 minutos, y vapor de 210° los 20 minutos restantes.

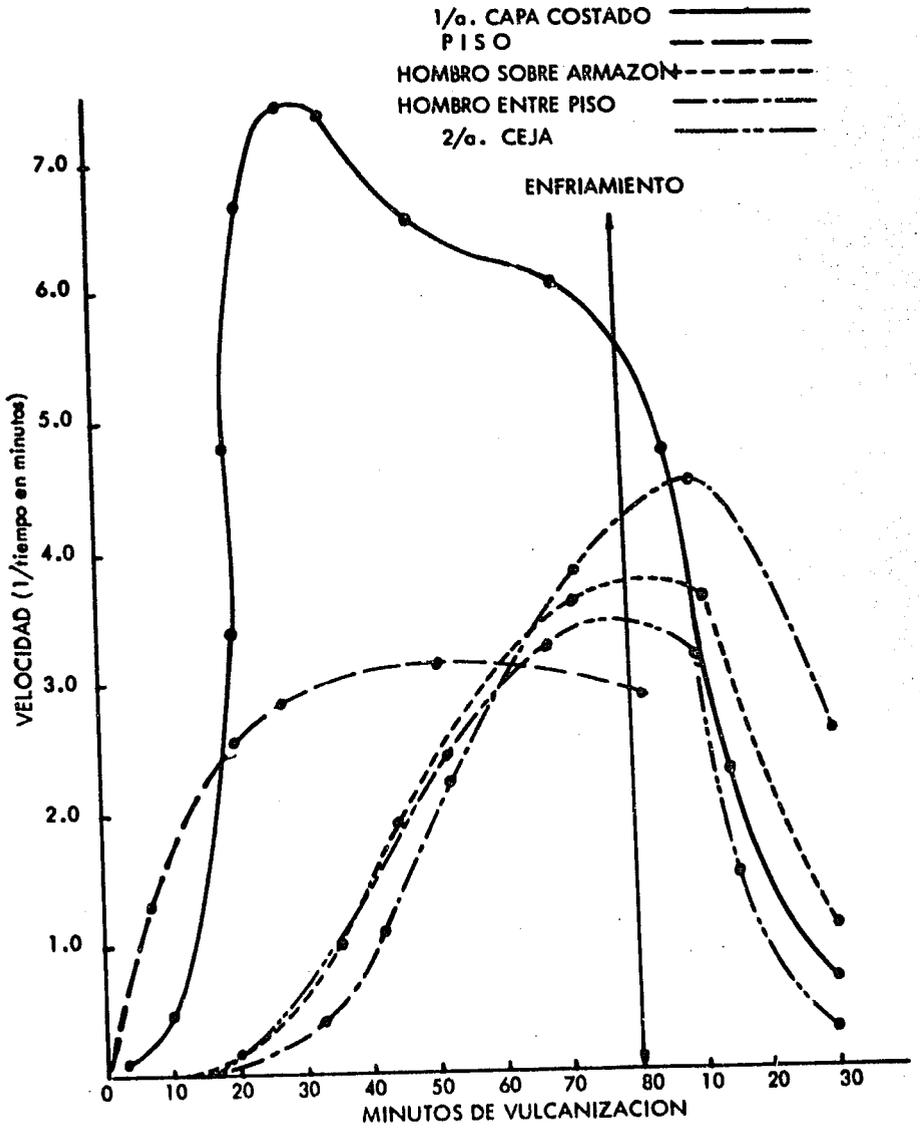
El tiempo de vulcanización para la primera capa del costado sobrepasó los límites establecidos, teniendo que hacer una prueba más para lograr la vulcanización correcta de esta parte de la llanta.

SEGUNDO EXPERIMENTO (2/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION Y TIEMPO

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Fiso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a. Ceja
10		0.44		1.30					0.02
20		4.18		2.58		0.05		0.14	0.17
30		7.49		2.92		0.32		0.61	0.69
40		6.96		3.10		0.92		1.44	1.49
50		6.41		3.10		1.94		2.42	2.35
60		6.23		3.10		2.92		3.10	2.92
70		6.06		3.10		3.83		3.60	3.39
80		5.57		2.92		4.31		3.71	3.39
10		3.30		↓		4.56		3.71	3.20
20		1.49		↓		3.82		2.27	0.99
30		0.72		↓		2.66		1.06	0.29

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20
(2/a. prueba) SEGUNDO EXPERIMENTO



RESULTADOS DE LA LLANTA DE CUERDAS NORMALES

SEGUNDO EXPERIMENTO (2/a. prueba)

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del Planímetro correspondiente a $100 \text{ cm}^2 = 1.04$

4 unidades de vulcanización x 80 de tiempo = 320

Velocidad a $275^\circ\text{F} = 1.705$

$\emptyset =$ unidades de superficie

$$\frac{320}{1.705 \times 1.04} \times \emptyset = \text{minutos de vulcanización a } 275^\circ\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 277.7 minutos/ 275°F Límite máximo 215 min/ 275°F
Zona sobrevulcanizada

Exterior del piso

Total = 122.34 minutos/ 275°F Límites 105-130 min/ 275°F
Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 129.4 minutos/ 275°F Límites 70-130 minutos/ 275°F
Valor correcto

SEGUNDO EXPERIMENTO (3/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 TEMPERATURA EN °F; TIEMPO EN MINUTOS

Tiempo en Minutos	1/a. Ceja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	2/a. Ceja
10		156		273		86		89	116
20		247		289		116		124	147
30		289		292		177		183	200
40		306		291		218		222	235
50		310		291		248		250	259
60		311		291		267		270	274
70		312		290		283		286	285
80		312		288		294		298	292
10		297		↓		301		303	285
20		264		↓		295		294	263
30		230		↓		274		280	243

* Se corta el vapor al molde y da principio el enfriamiento.

En esta última prueba se usó vapor de 110° los primeros 58 minutos, y vapor 210° los 22 minutos restantes.

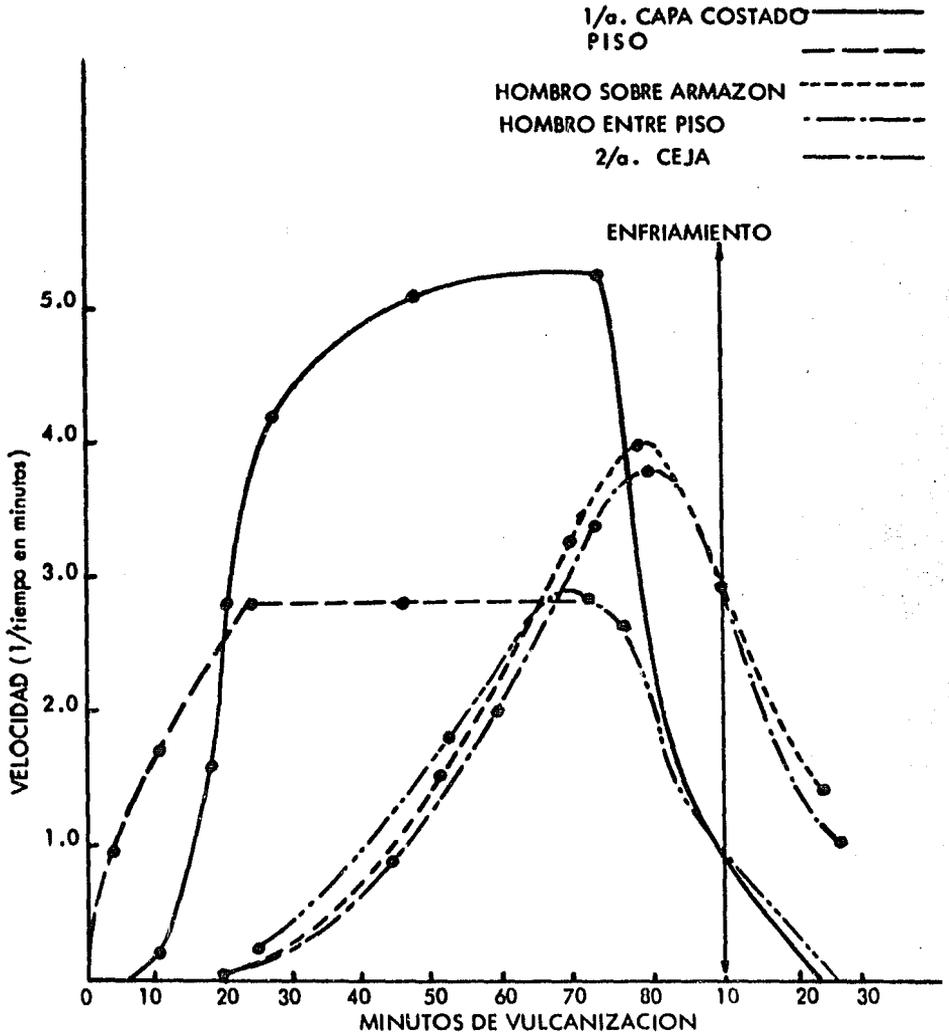
Como en esta prueba el tiempo de vulcanización para las diferentes partes de la llanta cayó dentro de los límites establecidos, se dan por concluidos los experimentos con esta llanta.

SEGUNDO EXPERIMENTO (3/a. prueba)

LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20 VELOCIDAD DE VULCANIZACION Y TIEMPO

Tiempo en Minutos	1/a. Caja	1/a. Capa Costado	1/a. Capa Centro	Exterior del Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Entre Piso	Hombro Sobre Armazón	Hombro Sobre Armazón	1/a. Caja
10		---		1.60		----		----	----
20		0.20		2.66		----		----	----
30		2.66		2.92		0.04		0.05	0.10
40		4.43		2.83		0.20		0.24	0.41
50		4.97		2.83		0.67		0.72	0.99
60		5.12		2.83		1.30		1.44	1.65
70		5.27		2.74		2.20		2.42	2.35
80		5.27		2.58		3.10		3.50	2.92
10		3.40		↓		3.83		4.06	2.35
20		1.18		↓		3.20		3.10	1.14
30		0.33		↓		1.65		2.00	0.55

GRAFICA DE VULCANIZACION DE LA LLANTA CONVENCIONAL 10.00-20
(3/a. prueba) SEGUNDO EXPERIMENTO



RESULTADOS DE LA LLANTA DE CUERDAS NORMALES

SEGUNDO EXPERIMENTO (3/a. prueba)

Fórmula para calcular los minutos de vulcanización

Lectura del planímetro correspondiente a 100 cm² = 1.04

4 minutos de vulcanización x 80 de tiempo = 320

Velocidad a 275°F = 1.705

∅ = Unidades de superficie

$$\frac{320}{1.705 \times 1.04} \times \emptyset = \text{minutos de vulcanización a } 275^{\circ}\text{F}$$

Primera capa del costado

Total = 193.31 minutos/275°F Límite máximo : 15 min/275°F

Valor correcto

Exterior del piso

Total = 116.71 minutos 275°F Límites 105-130 min/275°F

Valor correcto

Hombro entre piso

Total = 93.84 minutos/275°F Límites 70-130 minutos/275°F

Valor correcto

Hombro sobre armazón

Vulcanización con presión = 43.17 minutos/275°F Límite mínimo
31 min/275°F

Enfriamiento = 53.18 minutos/275°F

Total = 101.35 minutos/275°F Límites 70-130
minutos/275°F

Valor correcto

Primera Ceja

Vulcanización con presión = 45.04 minutos/275°F Límite mínimo
25 min/275°F

Enfriamiento = 28.15 minutos/275°F

Total = 73.19 minutos/275°F Límite mínimo
40 minutos/275°F

Valor correcto

CAPITULO IV

DISEÑO DE EQUIPO Y DIAGRAMA DE FLUJO

Servicio requerido

Por lo discutido anteriormente se necesitan vulcanizar las llantas experimentales con agua caliente a presión dentro de la bolsa y con vapor en el domo de la prensa, diferiendo a la vulcanización de las llantas comunes en que sólo se usa vapor.

Se diseñará un calentador y una bomba para abastecer de agua en las condiciones que a continuación se detallan a una línea de 16 prensas de vulcanización.

Condiciones de diseño

$$w_{\text{máx}} = 140 \text{ gal/min}$$

$$t_2 = 357^\circ\text{F} = \text{cte.}$$

$$w_{\text{mín}} = 35 \text{ gal/min}$$

Medio de calentamiento: vapor saturado a 210 lb/pulg² manométricas

(temperatura de saturación = 389°F)

Agua de alimentación: de las líneas generales de agua, $t_1 = 60^\circ\text{F}$

Cálculo del calentador (6)

CAMISA

Diámetro interior = 13.25"

Espacio entre mamparas = 14"

Número de pasos = 1

TUBOS

Número y longitud = 114, 20'

Diámetro exterior = 0.75"

B.W.G. = 12

Número de pasos = 2

Balance de calor

Agua: $Q = (8400 \times 8.35) \times 1.00 \times (357 - 60) = 20\,900\,000 \text{ Btu/hr}$

Vapor: $Q = 25\,000 \times 835 = 20\,900\,000 \text{ Btu/hr}$

Δt :

Fluido caliente		Fluido frío	Diferencias
389	Temp. alta	357	32
389	Temp. baja	60	329
0	Diferencias	297	297

Cuando $R = 0$ $t = \text{LMTD} = 126^\circ\text{F}$

La temperatura media del agua es igual a 209°F

Cálculo del coeficiente limpio. U_c :

Fluido caliente: Vapor

$a_s = ID \times C' B / 144 P_t$

$= 13.25 \times 0.18 / 5 \times 14 / 144 \times 0.94 =$

$= 0.257 \text{ pie}^2$

$G_s = W / a_s = 25\,000 / 0.257 =$
 $= 92\,500 \text{ lb/ (hr) (pie}^2)$

A $T_a = 389^\circ\text{F}$

$\mu = 0.0162 \times 2.42 = 0.039 \text{ lb/ (pie) (hr)}$

$D_e = 0.55 / 12 = 0.0458 \text{ pie}$

Fluido frío: Agua

$a_t = 0.223 \text{ pulg}^2$

$a_t = N_t a'_t / 144 \text{ n} = 114 \times 0.223 / 144 \times 2 =$

$= 0.088 \text{ pie}^2$

$G_t = w / a_t = 70\,000 / 0.088 =$
 $= 788\,000 \text{ lb/ (hr) (pie}^2)$

$V = G_t / 3600 \text{ p} = 788\,000 / 3600 \times 62.5 =$

$= 3.5 \text{ pie/seg.}$

A $t_a = 209^\circ\text{F}$

$\mu = 0.25 \times 2.42 = 0.602 \text{ lb/ (pie) (hr)}$

$D = 0.532 / 12 = 0.0445 \text{ pie}$

$$Re_s = DeG_s/\mu \text{ (para caída de presión)}$$

$$h_o = 1500 = \text{condensación del vapor}$$

$$Re_t = DG_t/\mu = 0.0445 \times 788\,000 / 0.602$$

$$= 58\,200 \text{ (éste valor es para caída de presión solamente)}$$

$$h_i = 1500 \text{ Btu/ (hr) (pie}^2\text{) (}^\circ\text{F)}$$

$$h_{i_o} = h_i \times ID/OD = 1500 \times 0.532 / 0.750 = 1060$$

$$U_c = \frac{h_{i_o} h_o}{h_{i_o} + h_o} = \frac{1060 \times 1500}{1060 + 1500} = 612 \text{ Btu/ (hr) (pie}^2\text{) (}^\circ\text{F)}$$

Cálculo del coeficiente diseñado, U_d :

$$a'' = 0.1963 \text{ pie}^2/\text{pie lineal}$$

$$\text{Superficie total, } A = 114 \times 20' \times 0.1963 = 448 \text{ pie}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A t} = \frac{20\,900\,000}{448 \times 126} = 370 \text{ Btu/ (hr) (pie}^2\text{) (}^\circ\text{F)}$$

Cálculo del factor de incrustación, R_d :

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d} = \frac{612 - 370}{612 \times 370} = 0.00107 \text{ (hr) (pie}^2\text{) (}^\circ\text{F)/Btu}$$

Resumen

1500	h	1060
	612	
	370	
R_d calculada	0.00107	
R_d requerida	0.00100	

CAIDA DE PRESION

Fluido caliente: vapor

Para $Re_s = 114\ 000$

$$f = 0.00135 \text{ pie}^2/\text{pulg}^2$$

$$\text{No. de cruces, } \frac{N+1}{18} = \frac{12 L/B}{12 \times 20/14}$$

$$v = 2.06 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

$$s = \frac{1}{2.06 \times 62.5} = 0.00774$$

$$D_s = 13.25/12 = 1.1 \text{ pie}$$

$$\Delta P_s = \frac{1}{2} \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5.22 \times 10^{10} D_e s \phi_s}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{0.00135 \times 92\ 500^2 \times 1.1 \times 18}{5.22 \times 10^{10} \times 0.0458 \times 0.00774 \times 1}$$

$$= 6.22 \text{ lb/pulg}^2$$

Fluido frío: agua

$Re_t = 58\ 200$

$$f = 0.00017 \text{ pie}^2/\text{pulg}^2$$

$$\Delta P_t = \frac{f G_t^2 L n}{5.22 \times 10^{10} \times D \phi_t}$$

$$= \frac{0.00017 \times 788\ 000^2 \times 2}{5.22 \times 10^{10} \times 0.0445 \times 1}$$

$$= 7.3 \text{ lb/pulg}^2$$

$$G_t = 788\ 000 \quad v^2/2g' = 0.08$$

$$\Delta P_r = (4n/s) (v^2/2g')$$

$$= \frac{4 \times 2}{1.0} \times 0.08 = 0.64 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$$

$$= 7.3 + 0.64 = 7.94 \text{ lb/pulg}^2$$

Nomenclatura empleada en los cálculos

- a = área de flujo, pie^2
- B = espacio entre mamparas, pulg.
- c = calor específico del fluido, Btu/(lb) (°F)
- C' = claro entre tubos, pulg.

- D = Diámetro interior de los tubos, pie
- D_e = Diámetro equivalente para transmisión de calor, pie
- f = Factor de frotamiento, pie/pulg²
- G = Velocidad de masa lb/(hr) (pie²)
- g' = Aceleración de la gravedad, pie/seg²
- h = Coeficiente general de transmisión de calor, Btu/(hr) (pie²)(°F)
- ID = Diámetro interior, pulg
- L = Longitud de los tubos, pie
- n = Número de pasos en la tubería
- N = Número de mamparas
- N_t = Número de tubos
- P_t = Paso entre tubos, pulg
- R = Grupo de temperaturas $(T_1 - T_2) / (t_2 - t_1)$, sin dimensiones
- R_e = Número de Reynolds
- s = Peso específico
- v = Volumen específico, pie³/lb
- V = Velocidad, pie/seg
- W = Peso de flujo en general, lb/hr
- $\Delta P_t, \Delta P_T, \Delta P_r$ = Caída de presión dentro de los tubos, total y de retorno,
lb/pulg²

LMTD = Temperatura logarítmica media, °F

μ = Viscosidad, centipoises x 2.42 = lb/(pie) (hr)

ρ = Densidad, lb/pie³

ϕ = Razón de viscosidades (μ/μ_w) 0.14

Análisis de la operación (6)

$$t_2 = T_v - (T_v - t_1) e^{-\frac{UA}{wc}} = T_v - \frac{(T_v - t_1) \frac{UA}{wc}}{e^{-wc}}$$

w	$\frac{UA}{1^\circ C}$	e ^②	$\frac{329}{3}$	389 - ④
①	②	③	④	⑤
10 x 10 ³	16.60	15.2 x 10 ⁶	0.215 x 10 ⁻⁴	389
20 x "	8.30	4000 x "	0.08	389
30 x "	5.55	260 x "	1.3	387
40 x "	4.15	64 x "	5.1	384
50 x "	3.32	27.2 x "	12.1	377
60 x "	2.78	16.0 x "	20.6	368
70 x 10 ³	2.36	10.6 x "	31.0	358
80 x "	2.07	7.9 x "	42	347
90 x "	1.84	6.3 x "	52	337
100 x "	1.66	5.25 x "	62	327

Para $T_v = 380^\circ\text{F}$		$T_v = 400^\circ\text{F}$		$T_v = 370^\circ\text{F}$		$T_v = 360^\circ\text{F}$	
0.21×10^{-4}	380	0.22×10^{-4}	400	0.20×10^{-4}	370	0.19×10^{-4}	360
0.08	380	0.085	400	0.07	370	0.07	360
1.23	378	1.31	398	1.19	368	1.15	358
5	375	5.3	394	4.85	365	4.7	355
11.8	368	12.5	387	11.2	358	11	349
20	360	21.2	378	19.4	350	18.7	341
30	350	32	368	29.3	340	28.3	331
40.5	340	43	357	39.3	330	38	322
51	329	54	346	49.2	320	47,6	312
61	319	65	335	59	311	57	303

Cálculo de la bomba(2), (5)

Para abastecer la demanda máxima de agua, se necesita una tubería de 3.5" con una velocidad de 5 pie/seg. La caída de presión en la tubería es de 1.13 lb/pulg² por cada 100 pie; a esto se le tiene que agregar las longitudes equivalentes de caída de presión causadas por válvulas, T, codos, etc....,

Longitud de la tubería	=	100'
2 Válvulas de globo	= 2 x 100	= 200'
1 "T"	=	20'
2 válvulas de retención	= 2 x 22	= 44'
4 codos	= 4 x 40	= 160'
1 reducción	=	5'
1 válvula de diafragma	=	250'
8 cruces	= 8 x 40	= 320'
		<u>1099'</u>

caída total de presión debida a tubería,

válvulas, codos, etc., $= 1099' \times \frac{1.13}{100} = 12.2 \text{ lb/pulg}^2$

Caída de presión dentro del cambiador $= 6.2 \text{ ''}$

Presión requerida para la vulcanización $\frac{= 400.0 \text{ ''}}{418.4 \text{ ''}}$

$H = 418.4 \times 2.3 = 970$ pies de agua

Potencia de la bomba en H.P. $= \frac{H \times Q}{9600 \times n} = \frac{970 \times 1 \times 2.3}{9600 \times 0.6} = 24 \text{ H.P.}$

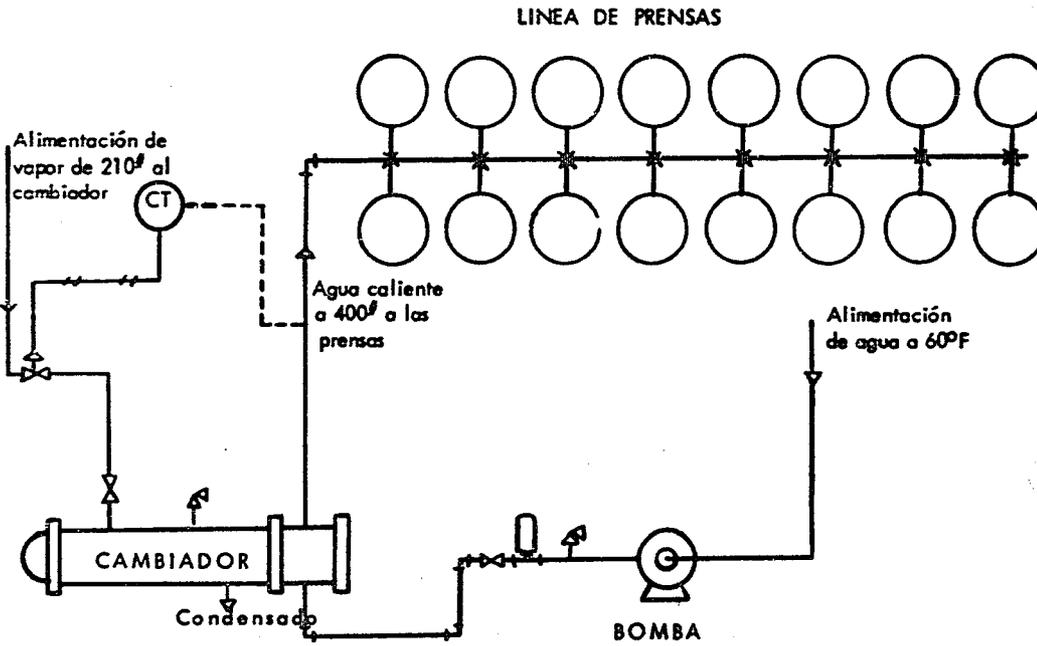
Se trabajará con una bomba centrífuga accionada por vapor con las siguientes características: Marca Ingersoll-Rand

Tipo 4 HST6

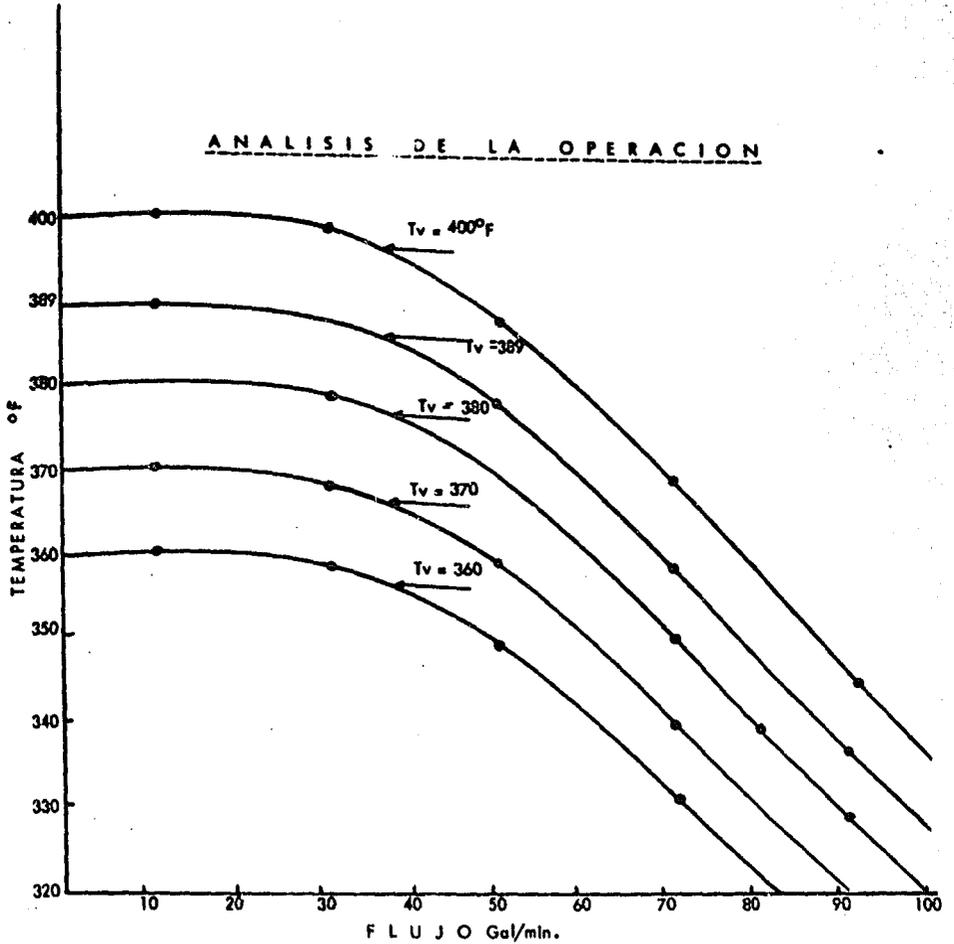
Succión 6"

Descarga 4"

DIAGRAMA DE FLUJO



ANALISIS DE LA OPERACION



CAPITULO V

CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos se observa que, la vulcanización de una llanta construída con cuerdas nylon gigantes y una con cuerdas normales vienen a ser bastante diferentes, tanto en las condiciones de operación como en los tiempos de vulcanización y enfriado.

La vulcanización de la llanta de cuerdas gigantes requiere alta presión durante el ciclo de vulcanización, y 1.44 veces del tiempo que se emplea en vulcanizar la otra llanta de cuerdas convencionales. La elevada presión es necesaria porque mientras el tamaño de la cuerda de la llanta aumenta, la superficie total útil de todas las cuerdas en todas las capas disminuye, como se indica en la siguiente tabla: (11)

Cuerda	No. de Capas	Superficie total de Las cuerdas(pulg ²)	Porcentaje de la Superficie
1260/2	8	55,200	100
1260/3	6	43,000	80
3360/2	4	33,200	60
6720/3	2	14,600	25

Por lo tanto, como se podrá notar en los resultados tabulados, cuando disminuye la superficie total de las cuerdas, la adhesión por pulgada cuadrada de cuerda deberá ser mayor que en los casos dónde la superficie total aumenta.

Bajo estas circunstancias es obvio que al usar cuerdas gigantes se necesite alta presión para la correcta vulcanización.

En las siguientes gráficas se muestran los resultados de el empleo de la alta presión en la vulcanización.

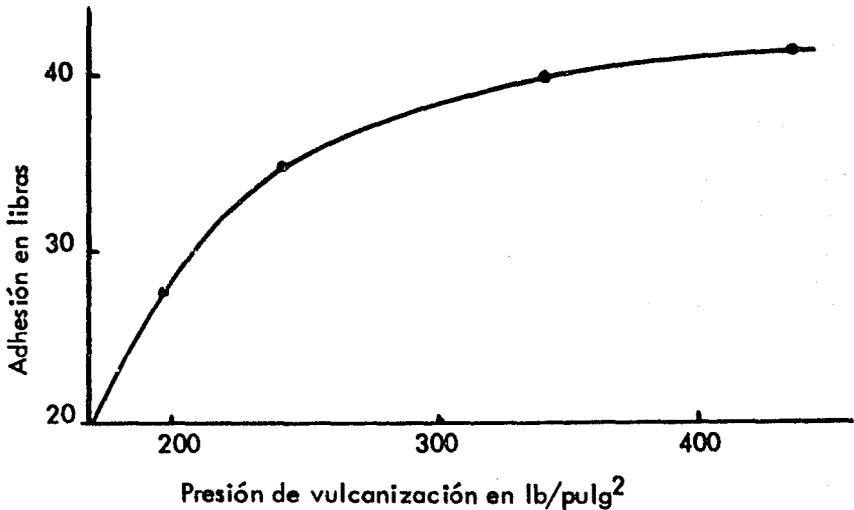


FIG. 9 CURVA DE ADHESION TOMADA EN LA LABORATORIO
(12)

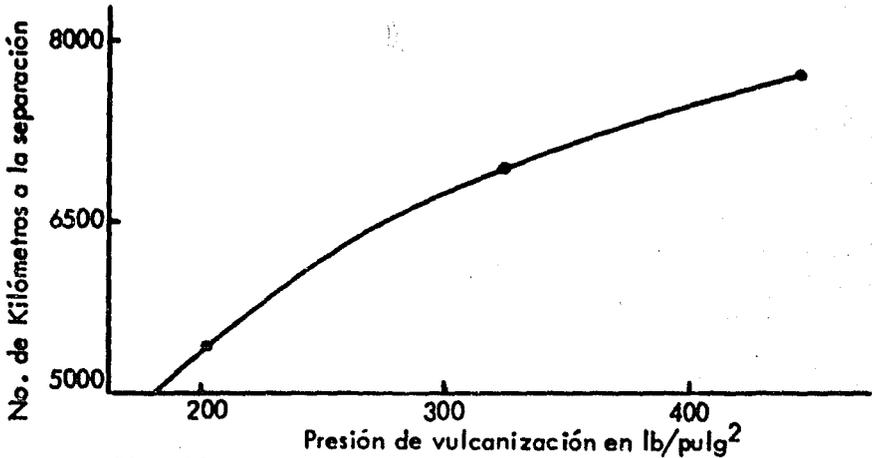


FIG. 10 RESISTENCIA A LA SEPARACION DE LA LLANTA (12)

De las propiedades físicas con que cuenta la nueva llanta se ennumeran las siguientes: más ligera y por lo tanto más fácil de manejar, correrá más fría, más delgada, más flexible, rodamiento suave, más kilómetros por recorrer, mayor celeridad, más facilidad para amoldarse, etc..

Las ventajas económicas saltan a la vista:

Por ser su construcción más rápida y por lo tanto su fabricación más acelerada, podrá aumentarse considerablemente la producción de llantas de este tipo, pues el número de capas es menor y por lo tanto la cantidad de metros de cuerda empleada también será menor y el costo bajará considerablemente, además de que se presta a la automatización de las operaciones.

El consumo de vapor y agua caliente económicamente no es comparable con el ahorro que se hace en los demás elementos que se han enumerado anteriormente, así que este punto es ventajoso en todos sentidos.

En cuanto a los problemas que se presentan para la fabricación en serie de estas llantas están los siguientes:

Por ser menor la superficie total de las cuerdas, como ya se dijo anteriormente, se requiere alta presión en el equipo de vulcanización.

Evitar la formación de nudos en las cuerdas

Postinflado

Mayor tensión en el triple templado, que se puede solucionar de las siguientes maneras:

- 1) Modificar el actual triple templado.
- 2) Añadir una unidad a la sección de tratamiento
- 3) Estirar la cuerda en caliente

En cuanto al factor económico es necesario obtener un ahorro de \$.25/K. para que la construcción de la llanta 10.00-20 sea costeable.

Por lo que se refiere a la cuerda, existen dos proveedores de -

cuerda normal y gigante, y próximamente se producirá en México la ca prolactama que es el monómetro del cual se obtiene el nylon usado en esta clase de cuerdas.

Resultados finales:

Estos resultados se han obtenido prácticamente en un camión-para carga con las siguientes características:

Marca: "INTERNATIONAL

Rim 7.00 x 20

Carga cons-
tante 1500 Kgs. por llanta

Presión 60 lbs/pulg²

Velocidad
Promedio 60 km/hr.

Posición de las llantas por probar: DELANTERAS

Trayecto recorrido por el camión: LECHERIA-PALMILLAS-
LECHERIA.

Propósito: COMPARAR LLANTAS CONSTRUIDAS CON
CUERDAS NYLON GIGANTES CON LLANTAS
CONSTRUIDAS CON CUERDAS CONVENCIO-
NALES.

Condiciones de la prueba:

Para obtener los resultados que se consignan en la siguiente-

tabla, se tomó en cuenta el desgaste sufrido por las llantas en la región del hombro midiendo la profundidad del dibujo del piso de la llanta en centésimos de milímetros al principio y al final de la prueba, sacando la diferencia y por lo tanto el desgaste sufrido en esta zona de la llanta después de la distancia recorrida por el camión que en este caso fué de 64 000 km.

Da principio el experimento colocando en el eje delantero del camión las llantas de control, en este caso las de cuerdas nylon convencionales, y recorriendo el trayecto previsto, teniendo cuidado de cambiar las llantas de posición cada 4000 Km. Una vez probadas estas llantas, se hace el experimento con las de cuerdas gigantes controlando el recorrido de las llantas.

Se saca un promedio del desgaste sufrido por las llantas de control y se le dá una calificación de 100, las llantas de prueba se refieren a este porcentaje.

Como se puede observar el porcentaje de 31 sobre 100, favorece a las llantas construídas con cuerdas nylon gigantes.

HOMBRO CALIFICACION RADIO DEL PISO INFLADO

	Kilómetros recorridos	Km/centésimos de milímetr	HOMBRO	Nuevo	"a 64 000Km"
LLANTAS DE CONTROL	64 000	29.6	86	13.0"	17.0"
		34.3	100		
	"	39.0	113	13.0"	17.5"
LLANTAS DE PRUEBA	"	39.0	113	12.5"	17.0"
		45.3	131		
	"	51.6	150	12.5"	18.0"

CAPITULO VI

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

- (1) Bravo, G.J.- Determinación de la Vulcanización de Llantas Gigantes por medio de Termopares.- Tesis U.N.A.M. 1964.
- (2) Crane Co.- CRANE CATALOG NUMBER 53.- Crane Co. Chicago, Ill.
- (3) Dirección General de Estadística - DATOS ESTADISTICOS - Secretaría de Industria y Comercio.
- (4) Himmelfarb, D. THE TECHNOLOGY OF CORDAGE FIBRES AND ROPE Textile Book Publishers, Inc. 1957.
- (5) Ingersoll - Rand, Co. - GENERAL CATALOGUE - 1959.
- (6) Kern, D. - PROCESS HEAT TRANSFER - Mc Graw-Hill Book Co. New York, 1950.
- (7) Morton, M.- INTRODUCTION TO RUBBER TECHNOLOGY - Reinhold Publishing Corp. New York, 1962.
- (8) Park, C.R. and Maxwell, R.B.- TEMPERATURE COEFFICIENT OF VULCANIZATION- Ind.Eng. Chem. 24, 148 (1932)
- (9) Rogers, S. S.- THE VANDERBILT RUBBER HANDBOOK - R.F. Vanderbilt Co. New York, 1958.
- (10) The Goodyear Rubber and Tire Co.- HOW TO DETERMINE TEMPERATURE COEFFICIENT OF VULCANIZATION AND

**ITS APPLICATION IN EVALUATING STATE OF
CURE IN RUBBER PRODUCTS. - February 22, 1937.
Test. Report.**

- (11) The Goodyear Rubber and Tire Co. NECESSITY FOR HIGH PRES-
SURE CURE WITH LARGER CORDS. TRUCK TIRES-
February 5, 1963, Test. Report.**