

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

OPTIMIZACION DE SISTEMA DE GAS INERTE USANDO NITRÓGENO EN
EL PROCESO DE VULCANIZACIÓN DE LLANTAS DEL TIPO RADIAL Y DE
CAMIÓN

ROSA LINDA TOBAR
Asesorada por: Ing. Rodolfo Samayoa

Guatemala, septiembre de 2003
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE SISTEMA DE GAS INERTE USANDO NITRÓGENO
EN EL PROCESO DE VULCANIZACIÓN DE LLANTAS DEL TIPO
RADIAL Y DE CAMIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ROSA LINDA TOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2003



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos De Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE SISTEMA DE GAS INERTE USANDO NITRÓGENO
EN EL PROCESO DE VULCANIZACIÓN DE LLANTAS DEL TIPO RADIAL Y DE
CAMIÓN.**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha agosto del 1998

Rosa Linda Tobar*

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yasminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Rodolfo Francisco Espinosa Smith
EXAMINADOR:	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADOR:	Inga. Teresa Lisely de León Arana
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza

Guatemala 20 de mayo del 2003

Ing. Julio Alberto Rivera Palacios
Director de Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Rivera:

Por este medio quiero notificarle que he revisado y asesorado la elaboración del presente trabajo de graduación, de la Br. Rosa Linda Tobar ,que lleva por título: "Optimización de sistema de gas inerte usando nitrógeno en el procesos de vulcanización de llantas del tipo radial y de camión", previo a optar el título de Ingeniero Químico.

Dejando como constancia la presente, que estoy de acuerdo con el contenido del mismo.

Atentamente,

Rodolfo Samayoa Barrios
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado 3078

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGENCITA MARIA

Por ser mi luz, manantial de fortaleza, paciencia y esperanza, en el camino de la vida y permitirme alcanzar una de mis metas en la vida.

A MI MADRE

María Alicia Cancinos Tobar.

Eterna gratitud por sus enseñanzas, apoyo incondicional, que este, sea un tributo a sus innumerables sacrificios para sacarme adelante en la vida. Para ti madre con todo mi amor.

A MIS PADRES BIOLÓGICOS.

Gracias, por permitirme estar en este mundo. Que Dios los bendiga.

A MIS HERMANOS

Edgar(+), Miguel, Chatia, Carmen, Julián, Santiago, Marcos
Gracias, por ser parte de este logro de mi vida.

A MIS TIOS

Dora Tobar(+), Bernardo Cancinos(+), Santiago Cancinos(+), que este triunfo sea un tributo a su memoria. Luisa Cancinos, Olimpia Pereira Víctor Zelada. A todos ellos gracias por su amor sincero y apoyo incondicional.

A MIS PRIMOS Y SOBRINOS

gracias por su entusiasmo, por compartir los mejores momentos de mi infancia, con todo mi amor .

A MIS AMIGOS

En especial a Maritza , Nuria, Marielos, Paula, Synthia, Ingrid, Velvet, Beathriz, Elizabeth, Jessica, Zaira, Zulma Reyes, Heidi, Zulma Custodio, Verónica, Dunia, Jorge Luis, Oscar . Por su amistad y los momentos más inolvidables como estudiante , que Dios los bendiga a lo largo de su vida, adelante.

A LAS FAMILIAS.

Escobar Muralles, Cancinos Martínez, West Cancinos, Oliva Martínez, González Polanco, Cornejo Hernández, Cancinos Arbizú, Jiménez García.

AGRADECIMIENTO A:

Al Ingeniero Rodolfo Samayoa, por su asesoría en el presente trabajo, de graduación, así como su amistad y dedicación en el asesoramiento del mismo.

Al Dr. Adolfo Gramajo por su tiempo y colaboración al revisar este trabajo de graduación, catedrático del área de operaciones unitarias de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

La Escuela de Ingeniería Química

La biblioteca de la Facultad de Ingeniería, en especial a Doña Norma, Doña Auri, Sritas. Isabel y Thelma.

A GoodYear GINSA por darme la oportunidad de iniciarme en el contexto laboral en mi carrera, y brindarme la oportunidad para la elaboración de este trabajo de graduación.

INDICE GENERAL

GLOSARIO	IV
RESUMEN	VI
OBJETIVOS	VIII
HIPÓTESIS	IX
INTRODUCCIÓN	X
1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LLANTAS	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Conocimientos básicos del producto	1
1.2.1 Que es una llanta	1
1.2.2 Proceso de fabricación de llantas	2
1.2.2.1 Banbury	3
1.2.2.2 Molinos	3
1.2.2.3 Calandra	4
1.2.2.4 Corte diagonal	4
1.2.2.5 Fabricación de pestañas	4
1.2.2.6 Tubera	5
1.2.2.7 Construcción de llantas y pliegos o bandas	5
1.2.2.8 Vulcanización o curado	5
1.2.2.9 Inspección final	6
1.2.2.10 Diagrama del proceso de fabricación de llantas	7
1.2.3 Tipos de construcción	8
1.2.3.1 Diagonal o convencional	8
1.2.3.2 Radial	8

1.2.4 Componentes de las llantas		9
1.2.5 Conformado de las llantas		10
1.2.6 Nomenclatura de llantas		11
1.2.7 Principales Partes de la llanta		13
2. PROCESO DE VULCANIZACIÓN		
	17	
2.1 Descripción del proceso de vulcanización		17
2.2 Rheometria		17
2.3 Descripción del proceso de vulcanización de llantas		18
Iniciación	18	2.3.1
2.3.2 Vulcanización		18
2.3.3 Enfriamiento		19
2.4 Ciclos de cura		20
3. GASES LICUADOS DEL PETROLEO (LPG)		23
3.1 Producción del gas propano y butano		23
4. GAS INERTE		27
4.1 Producción del gas inerte		27
4.2 Nitrógeno líquido		28
5. COSTOS, PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS		31
5.1 Proyectos		31
5.2 Justificación		32

6. COSTO Y EL VALOR DEL DINERO	33
6.1 Costo	33
6.1.1 Costo variables	34
6.1.2 Costos fijos	34
6.1.3 Costo total	34
6.1.4 Costo diferencial	35
6.1.5 Costo futuro	35
6.1.6 Costo promedio	36
6.1.7 Costos por sustitución de instalación	36
6.1.8 Costos sepultados	36
6.1.9 Costos de producción	37
6.1.10 Costo contable	37
6.1.11 Costo de mantenimiento	37
6.2 Consideraciones a tomar en cuenta	38
6.2.1 Depreciación	38
7. RESULTADOS	39
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
BIBLIOGRAFÍA	
49	
ANEXOS	50

GLOSARIO

Agente vulcanizante	Aditivos químicos que optimizan el proceso de vulcanización, donde no se encuentre un agente que provoque la reacción de encadenamiento, ninguna mejora del hule puede ocurrir, el agente vulcanizante principal es el azufre.
Ciclos de cura	Se refiere a los servicios de cura utilizados para vulcanización en las prensas.
Cubierta	Estructura general del neumático.
Formador / bladder	Membrana que proporciona al neumático su forma característica, es la responsable de la expansión de la cubierta cruda contra la cavidad del molde, así como de la transferencia de calor desde el interior hacia la cubierta cruda
Gas inerte	Gases obtenidos de la combustión de propano y n-butano, obteniendo principalmente nitrógeno y dióxido de carbono.
Polímero(C₅H₈)₂₀₀₀₀	Estructura molecular de largas cadenas(macromoléculas) formadas por monómeros.

Proceso de cura SCH	Vulcanización. <i>Standard cubic foot</i>
Scorch	Se refiere a la vulcanización prematura ligada a la historia térmica del compuesto, es también conocida como tiempo de quemado de un compuesto determinado.
Servicio de cura	Cuando se vulcaniza una cubierta en una prensa el calor es provisto por dos fuentes una externa y otra interna, ambas influyen en el proceso de cura.
Rheometro	Es una cámara, mantenida a elevada temperatura, conteniendo un rotor rodeada de una muestra del compuesto, oscilando dicho rotor a un ángulo constante
Vulcanización	Proceso a través del cual, por calor a una cierta temperatura de un compuesto de hule que contiene un agente vulcanizante, se transforma de un material con propiedades plástico a un producto elástico . Entrelazamiento de las moléculas del polímero con el agente vulcanizante.
Prensas	Transforma la calidad del neumático sin vulcanizar (llanta verde), en llantas vulcanizadas de calidad en el menor tiempo posible y utilizando la mínima cantidad de energía.

RESUMEN

Debido a la importancia que tiene para la industria de neumáticos el ahorro de energía, basándose en el costo elevado de los combustibles fósiles, se busca nuevas alternativa para el ahorrar, aumentar la productividad, disminuir costos de producción, elevando de esta manera la eficiencia y eficacia en los procesos, siendo de esta manera, mucho más competitivos en la industria de fabricación de neumáticos.

El presente trabajo de graduación se deriva de esta misma necesidad, de optimizar los procesos de fabricación de llantas, proporcionando alternativas, en el proceso de vulcanización con determinado sistema de cura, como es la utilización de gas inerte, generado en una cámara de combustión, obteniéndose como productos de esta reacción, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno , que es utilizado durante la etapa de cura de la llanta ; los óxidos de nitrógeno son absorbidos, ya que con la humedad forma ácido nítrico, siendo este el principal causante de la destrucción de *bladders* y corrosión en las tuberías del gas. Utilizar nitrógeno gaseoso como medio de cura en sustitución de gas inerte es uno de los sistemas diseñados para aumentar la eficiencia en el proceso de vulcanización de llantas del tipo radial y de camión; los servicios de cura se obtendrá no como producto de la combustión sino, el nitrógeno se suministrará en forma líquida(tanque vertical) por medio de un proveedor externo. Al utilizar gas nitrógeno como medio de cura en las prensas de vulcanización radial y camión, se trata reducir ciclos de cura, deterioro de *bladders* y corrosión en tuberías.

Dado a las condiciones actuales de producción que se encuentra la planta no es posible económicamente la implementación del sistema de nitrógeno gaseoso, por tal razón, se sugiere seguir con el sistema actual de gas inerte.

OBJETIVOS

Generales

Utilizar gas nitrógeno, en las prensas de vulcanización en las líneas de llantas radiales y de camión.

Realizar cambio de tipo de cura de vapor-vapor a vapor-gas.

Específicos

1. Reducir tiempos de cura.
2. Utilizar gas más puro e inerte.
3. Reducir costos de mantenimiento correctivo, debido a la corrosión de tuberías y destrucción de *bladders*.

HIPÓTESIS

Es posible mejorar el proceso de vulcanización de llantas radiales y de camión, mediante la compra de nitrógeno gaseoso.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las industrias siguen dependiendo de los combustibles derivados del petróleo, como fuente principal de energía, teniendo que buscar nuevas alternativas para ahorrar, aumentar la productividad y disminuir los costos de

producción. Las alternativas de ahorro de energía varían desde cambios sencillos en operaciones, hasta proyectos que requieren grandes inversiones de capital.

El proceso de fabricación de llantas se lleva a cabo mediante la utilización de polímeros, azufre, negro de humo, aceite, pigmentos, ceras, tejido, alambre; para la fabricación de rodamiento, pestañas y lonas utilizadas en el área de construcción aquí se obtiene la llanta verde, posteriormente las llantas son llevadas al área de prensas para ser vulcanizadas, cuando se vulcaniza una cubierta en una prensa, el calor es provisto por dos fuentes, una externa y otra interna, el calor externo es transmitido a la cubierta a través del molde, mientras que el calor interno es transmitido a través del formador (*bladder*), ambas fuentes influyen en el proceso de vulcanización en el proceso de llantas del tipo radial y camión. En el servicio de cura interno, el calor es provisto internamente en la cubierta a través del bladder, que se encuentra en contacto directo con los servicios de cura, en este sistema que son vapor de 200 psi a 388 °F y gas inerte de 300 psi 65 °F. El vapor de 200 psi es el único contribuyente de calor en el sistema de cura; el gas inerte de 300 psi aumenta la presión interna requerida para la vulcanización de la cubierta, este gas sólo mantiene el proceso iniciado por el vapor de la primera fase. La obtención de gas inerte actual se lleva a cabo mediante la combustión de propano y n-butano en un generador donde se produce el gas inerte que se compone de nitrógeno(N₂) y dióxido de carbono(CO₂) y vapor de agua; dichos productos salen de la cámara de combustión hacia un enfriador, pasan por un separador, pierden humedad luego el gas es comprimido. Este gas de alta presión es utilizado para satisfacer demandas durante el proceso de vulcanización. Cuando un generador se opera, los gases resultantes, los óxidos de nitrógeno y del oxígeno, son dañinos, los óxidos de nitrógeno son absorbidos por la humedad formando ácido nítrico, siendo este el principal causante de corrosión en tuberías, incrustaciones y corrosión en la cámara de combustión, deterioro de *bladder*. El propósito del presente trabajo de

graduación es, presenta las condiciones actuales del sistema de cura de llantas utilizando gas inerte, en las líneas de llantas radiales y de camión el cual presenta algunos problemas de operación, con un nuevo sistema de cura utilizando gas nitrógeno. El sistema de nitrógeno gaseoso es uno de los sistemas diseñados para aumentar la eficiencia en el proceso de vulcanización de llantas del tipo radial y camión. Dicho sistema se basa en el almacenamiento de nitrógeno líquido en un tanque , el cual alimenta una bomba criogénica bombeando el líquido hacia un intercambiador de calor, ocurre un cambio de fase de líquido a gaseoso. El gas es almacenado y posteriormente se envía al área de prensas de vulcanización. Los sistemas de cura en este sistema son similares al del vapor/ gas inerte, con la salvedad que este gas no es producto de la combustión, el nitrógeno se obtiene a través de un proveedor externo. Al utilizar gas nitrógeno como medio de cura, se pretende mejorar el sistema de cura reduciendo los ciclos de cura, a fin de evitar deterioro *de bladder* e incrustaciones en tuberías, y mejorar la apariencia y homogeneidad de la llanta final, ya que es un proceso limpio (inerte).

1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LLANTAS

1.1 Generalidades

Gran Industria de Neumáticos S.A (GINSÁ), es una industria multinacional dedicada a la fabricación de llantas, mediante la asesoría de *The GoodYear Tire & Rubber Company*, convirtiéndose desde 1971 en el fabricante de llantas GoodYear para Centroamérica. La fábrica utiliza gran parte de la producción de hule natural

cultivado en Guatemala y diversos productos químicos que no se producen en el área.

GINSA produce llantas para automóviles en los tipos convencional y radial, así como para camión liviano, camión pesado. También produce *camelback* para el sistema de reencauche en caliente. Esta institución ha impulsado el desarrollo centroamericano y del país siendo la primera fábrica de llantas en Centroamérica.

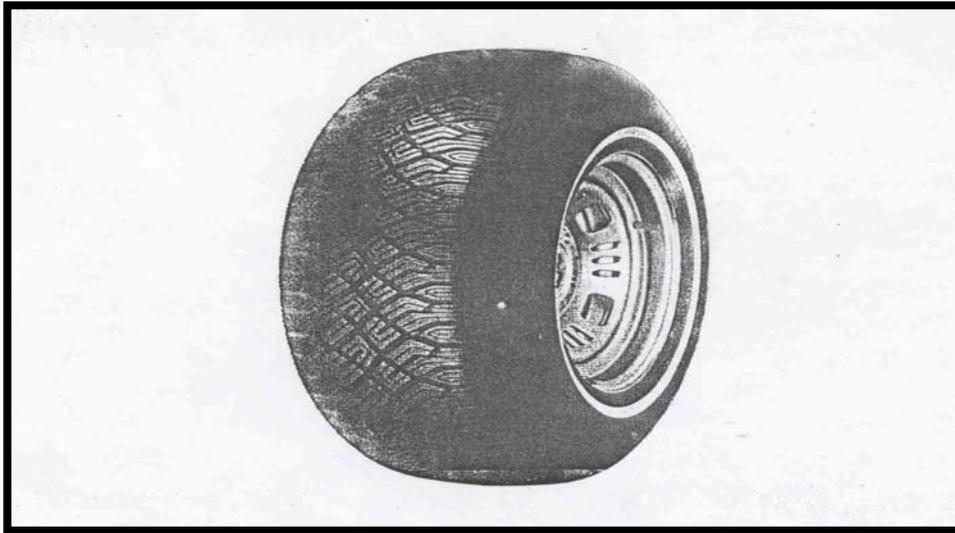
1.2 Conocimiento básico del producto

1.2.1 ¿Qué es una llanta?

Una llanta se define como un elemento que se utiliza para transportar una carga dada, a cierta deflexión, considerando que la presión de inflado será la misma para todas las llantas del vehículo. Esto significa que el volumen de la llanta está en relación con la carga requerida.

Cuando las llantas están en servicio, se flexionan bajo la carga, produciendo fricciones internas que se convierten en calor. Este calor generado en una llanta depende de la carga, la presión de inflado y la velocidad.

Figura 1. Esquema llanta o neumático



1.2.2 Proceso de fabricación de llantas

En 1834 el estadounidense Charles GoodYear, despertó interés por el hule natural, y desde entonces, solo tuvo un objetivo en su vida transformar este material en un producto verdaderamente útil.

A comienzos de 1839, GoodYear arrojó un pedazo de hule mezclado con azufre a la estufa de su casa en Woburn, Massachusetts. El hule se carbonizó como si hubiese sido un pedazo de cuero. El calor y el azufre habían cambiado las características del hule y de esta manera, había dado respuestas al problema de cómo hacer de él un producto enteramente adaptable y consistente. Para Charles Goodyear, este fue el momento cumbre de sus años de experimentación, años que habían estado llenos de desengaños.

El nombre que se le dio al proceso desarrollado por GoodYear fue de “**vulcanización**” en honor de Vulcano, el dios romano del fuego.

Este gran descubridor murió en 1860, 21 años después de su descubrimiento, pero su nombre está lejos de ser olvidado. En realidad, fue en reconocimiento de su trabajo de descubrir y de su infatigable espíritu de lucha que la organización mundial GoodYear adoptó orgullosamente el nombre cuando se estableció en 1898.

Gracias a las llantas es posible la movilidad de los vehículos motorizados.

Los aviones, incluso, precisan de ellas. Pocas son las actividades humanas que no necesiten de su participación.

La llanta moderna es algo más que un triunfo de la ingeniería; es el resultado de una lucha incesante de muchos hombres para lograr un producto que rinda cada vez más, a fin de proporcionar, al mismo tiempo, seguridad y comodidad.

1.2.2.1 Banbury

La mezcladora Banbury mezcla completamente el hule con los plastificantes, aceleradores, vulcanizantes y negro de humo, además proporciona uniformidad en comportamientos de propiedades de compuestos.

1.2.2.2 Molinos

Estos equipos tienen la función de hacer mezclas de hule procedentes del Banbury más trabajables mediante fricción. Consta de dos rodillos metálicos que giran a diferentes velocidades; y suministran hule para recubrir los tejidos, el alambre de las pestañas, para producir las extrusiones de la extrusora, utilizadas en bandas de rodamiento y caras laterales de las llantas.

1.2.2.3 Calandra

La mezcla del hule previamente suavizada es forzada sobre las cuerdas de tela, sea esta rayón, nylon o poliéster, por la calandra impregnadas totalmente en éstas.

1.2.2.4 Corte diagonal

Las piezas de cuerdas impregnadas de compuestos de hule, son cortadas en forma diagonal, por medio de cortadoras automáticas. La carcasa para la llanta de camión se forma con bandas, y para la llanta de automóvil de pasajero, con pliegos de estas cuerdas impregnadas de compuestos de hule.

1.2.2.5 Fabricación de pestañas

Las pestañas son aros de alambre de acero, recubiertos de compuestos de hule. Estas forman los resistentes anillos interiores de la llanta, que la fijan a la rueda del vehículo. Las pestañas constituyen la base de la llanta, al igual que los cimientos como la base de una casa, estos aros son construidos de cobre acerado.

Para la construcción del aro depende del diámetro de la llanta (rim). Si el rim es 14, significa que el aro posee un diámetro de 14 pulgadas. Inmediatamente después de construidos los aros, se procede a la construcción de la llanta.

1.2.2.6 Extrusora (Tubera)

El rodamiento de una llanta es extruído en la tubera en forma continua, a través de un dado que le da la forma deseada. El rodamiento es fabricado de compuestos especiales de hule de alta resistencia, a fin de lograr muchos kilómetros de uso, flexibilidad y tracción.

1.2.2.7 Construcción de llantas pliegos o bandas

Son cuerdas recubiertas de hule y cortadas diagonalmente, en el caso de llantas para vehículos de pasajero o bandas construidas de dos o cuatro pliegos, en el caso de llantas para camión. En ambos casos, éstas son colocadas sobre el tambor de construcción de llantas, hasta formar la **carcasa o cuerpo de la llanta**. Sobre esta resistente carcasa, se coloca la banda de rodamiento, que será la parte de la llanta que estará en contacto directo con la superficie de caminos y carreteras.

La llanta es retirada del tambor de construcción y lubricada. Hasta llegar a esta fase, la llanta tiene la forma de un barril de hule conocido como **llanta verde**, es decir una llanta no vulcanizada.

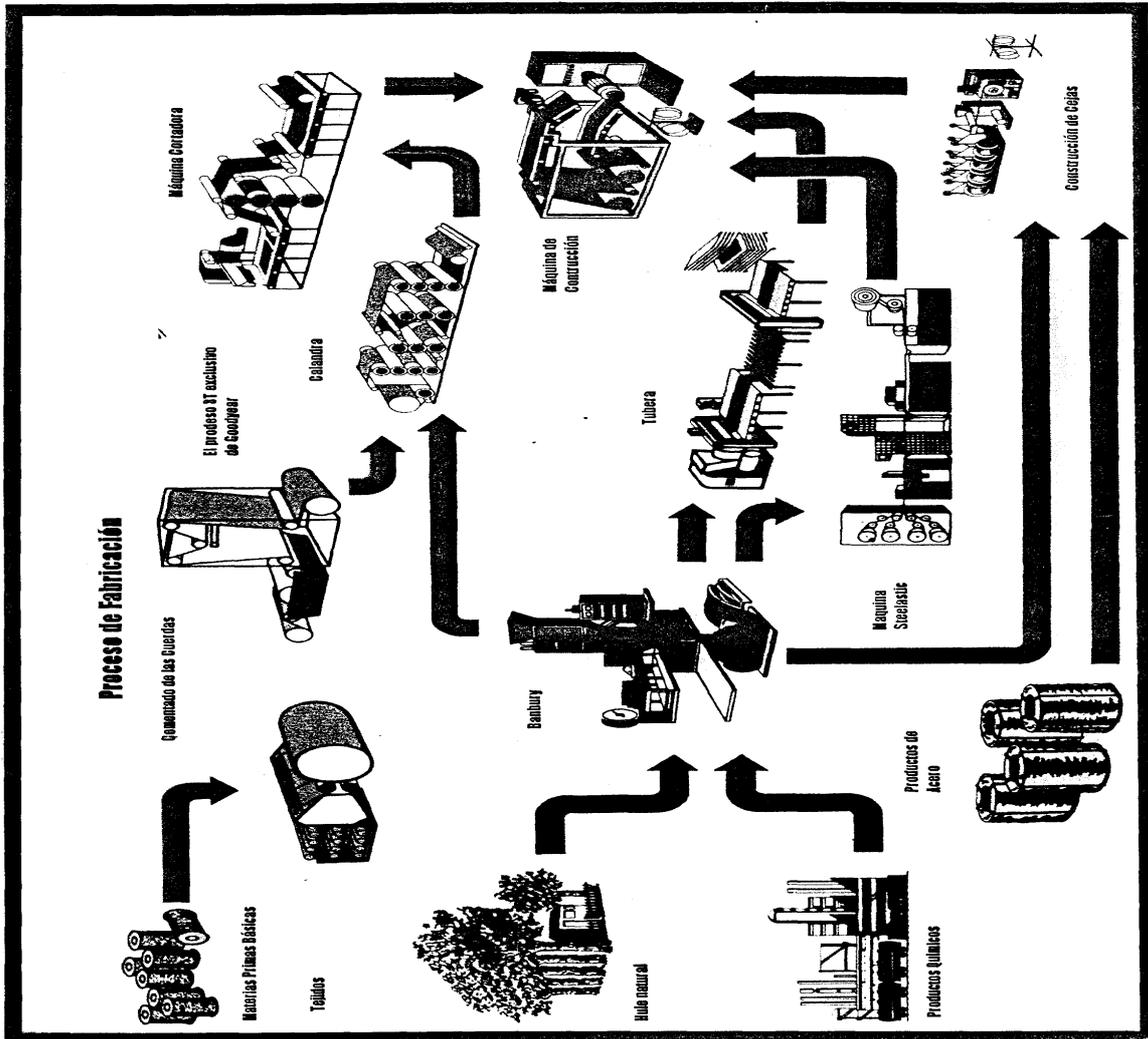
1.2.2.8 Vulcanización o curado

Las prensas vulcanizan las llantas y le graban el dibujo o labor a la banda de rodamiento. El proceso de vulcanización cambia el hule mediante la combinación de temperaturas y altas presiones, de su fase plástica a su fase sólida, resistente y elástica.

1.2.2.9 Inspección final

Esta fase asegura que cada llanta que sale de la planta llena las estrictas normas por GoodYear. Existe además, un riguroso Control de Calidad ejercido por el proceso de fabricación y que involucra a cada fase, sistema, mano de obra y material empleados, velando además, porque éstos se ciñan a las especificaciones dictadas por el departamento técnico.

Figura 2. Diagrama del proceso



1.2.3 Tipos de construcción

Actualmente existen los siguientes tipos de llantas:

1.2.3.1 Diagonal o convencional

En este tipo de construcción, los cordones de la carcasa se extienden diagonalmente de ceja a ceja de la llanta, en un ángulo que puede ir de 25 a 40 grados en relación a la línea central de la llanta. Cada lona o pliego sucesivo corre en relación opuesta a su antecesor, lo que resulta en un juego de líneas cruzadas.

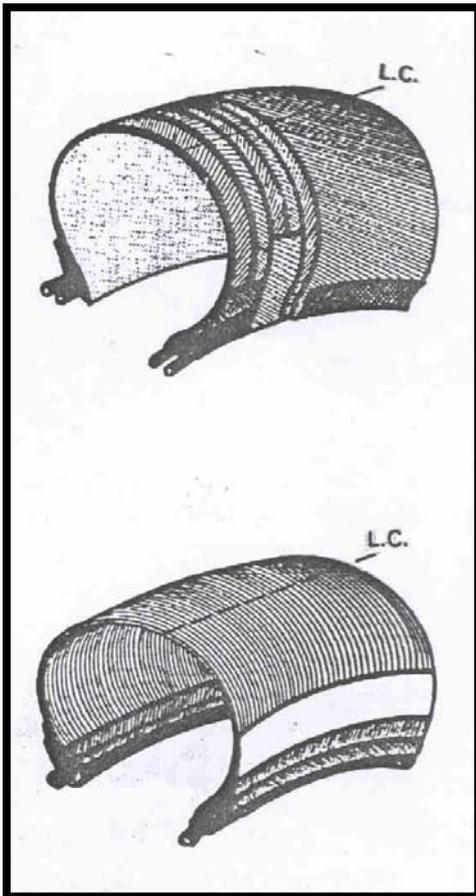
1.2.3.2 Radial

En esta construcción los cordones de la carcasa se extienden de ceja a ceja, en un ángulo de 90° grados en relación a la línea central de la llanta.

Directamente sobre las lonas radiales y debajo de la banda de rodamiento, se encuentran los cinturones. Corresponden a varias lonas de cordones que están colocados circunferencialmente alrededor de la carcasa de la llanta. Los cordones o cuerdas que componen los cinturones son colocados en ángulos menores. Todas las llantas de construcción radial se les incorpora la palabra **radial** o la letra **R** entre su nomenclatura.

Figura 3. estructura de llantas

Llanta convencional



1.2.4 Componentes de las llantas

Para la manufactura de la llantas se utilizan los siguientes materiales.

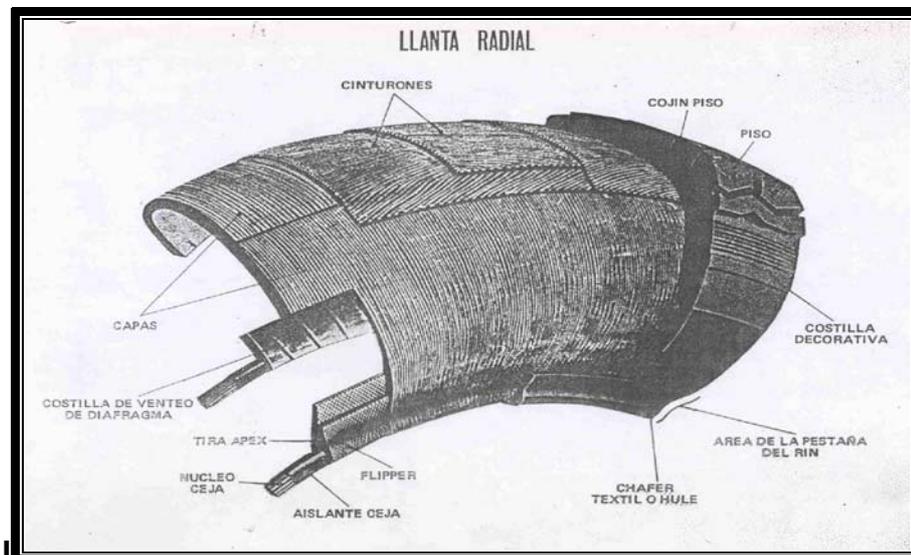
- Pliegos o lonas
- Aros
- *Chafer*
- *Breaker*
- Banda de rodamiento
- *Flaps*

1.2.5 Conformado de la llanta

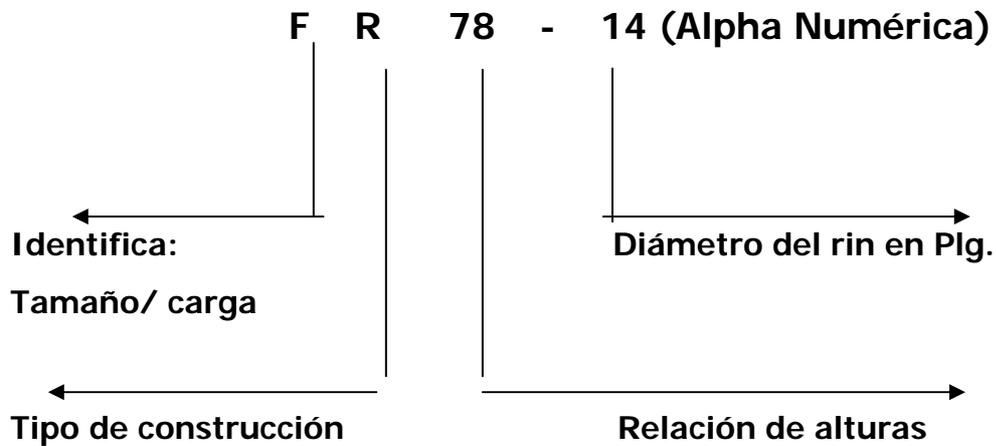
La diferencia en el ensamblaje de una llanta de camión y radial radica en los diferentes tipos de rim y en los diversos pliegos o planchas de lonas para su conformado. Se colocan los aros o pestañas en los porta-aros, se procede a colocar los rodamientos, uno de cada lado; inmediatamente se procede a colocar los pliegos de lona, después se inflan las capas y se procede a planchar la lona para eliminar los restos de aire atrapados entre los pliegues (formación de la carcasa de la llanta).

Inmediatamente se procede a realizar el vuelta arriba que en llantas radiales se realiza automáticamente, mientras que en las llantas de camión se realiza manualmente por el operario. Se colocan los *breaker* y por último se le añade **texine** que actúa como agente adherente, para que la máquina de construcción radial o de camión proceda a colorar las pestañas.

Figura 4. Partes de una llanta



1.2.6 Nomenclatura de llantas



185/ 70 R 14

- 185 = Ancho aproximado de la sección de la llanta en mm
- 70 = Relación ancho – altura
- R = Tipo de construcción (R= radial B= bias)
- 14 = Diámetro del rim expresado en pulgadas

185 / 70 R 14 86 H

- 185 = Ancho aproximado de la sección de la llanta en mm
- 70 = Relación ancho- altura
- R = Tipo de construcción (R = radial B = bias)
- 14 = Diámetro del rim expresado en pulgadas
- 86 = Índice de la capacidad de carga
- H = Símbolo de la velocidad máxima de la llanta

6.45 – 14 (Numérica)

- 6.45 = Ancho aproximado de la sección en pulgadas
14 = Diámetro del rim en pulgadas

175 SR 14 (Métrico)

- 175 = Ancho aproximado de la sección en mm
S = Símbolo de la velocidad máxima (180 Km./h)
R = Tipo de construcción

295 / 75 R 22.5 G291

- 295 = Ancho nominal de la sección de la llanta
75 = Relación aspecto o serie de la llanta
R = Tipo de construcción
22.5 = Rim de 22.5 pulgadas de diámetro (Tubular)
140/141 = Capacidad de carga
G291 = Diseño o dibujo

1.2.7 Principales partes de la llanta

1.2.7.1 Talones

El talón está formado por un grupo de alambres no extendibles, con características especiales. Los alambres están bañados en cobre para una buena adhesión con el hule. Los talones anclan los pliegues y aseguran la estructura de la

rueda. El contorno y las dimensiones del talón se acomodan al talón del rim y evitan deslizamiento longitudinal.

1.2.7.2 Cinturones estabilizadores

Son responsables de estabilizar el área de la banda de rodadura. Esto se logra cuando la mantiene plana en contacto permanente con el camino. Otra de sus funciones es proteger el conjunto de lona contra los maltratos del camino como por ejemplo, golpes, pinchazos, etc. Por último evitar la deformación de la llanta cuando está rodando y reducir la resistencia al rodadura.

Cuando es una llanta convencional los cinturones toman el nombre de absorbedores y su función es la de proteger la carcasa contra golpes, maltratos del camino y proporciona más capacidad de carga.

1.2.7.3 Liner

Es un forro de hule impermeable al aire, ya que su función básica es contener el aire a presión que se introdujo dentro de la llanta, evitando que exista fugas y haciendo la llanta hermética.

1.2.7.4 Grupos primarios

Responsables por las características fundamentales de la llanta, su forma y su capacidad de tensión, talones, carcasa, banda de rodadura.

1.2.7.5 Grupo secundarios

Estabilizan, refuerzan y protegen los componentes primarios (antifricciones, cinturones, costados, refuerzos, etc.).

1.2.7.6 Banda de rodamiento

La banda de rodamiento es el componente que resiste el desgaste provocado por el contacto con el suelo. Debe ser resistente al desgaste, tener tracción, ser silenciosa y tener baja generación de calor. Es normalmente producida con compuestos de hule sintético, derivados del petróleo (el hule natural es utilizado generalmente en llantas grandes). Así mismo, está compuesta de los derivados del petróleo como negro de humo, aceites, ingredientes de vulcanización, y otros productos químicos y pigmentos. El compuesto en el hule, la forma del diseño en la banda de rodamiento, el número de surcos, son importantes para determinar el desgaste, la tracción y la temperatura durante el funcionamiento de la llanta.

1.2.7.7 Lonas pliegos

Son camadas de tejidos que existen de talón a talón, en donde son amarradas. Es el componente que forma el cuerpo estructural (carcasa) de la llanta. Son directamente responsables de la capacidad de carga; tiene como función servir de amortiguadores gracias a su flexibilidad en el área de los laterales.

Adicionalmente son responsables de transmitir las fuerzas motoras del vehículo.

2. PROCESO DE VULCANIZACIÓN

2.1 Descripción del proceso de vulcanización

La vulcanización conocida como curado, no es más que el entrelazamiento de la molécula del polímero con un agente vulcanizante; es un proceso a través del cual, por el calentamiento a una cierta temperatura de un compuesto de hule que posee

un agente vulcanizante, es posible convertirlo de un material **plástico** en un producto **elástico**.

El estado de cura y las propiedades físicas del producto dependerán del número de entrecruzamientos producidos durante la vulcanización.

Cada compuesto de goma tendrá un estado específico de cura y una velocidad específica de cura, dependiendo del tiempo y de la temperatura a la cual se lleva a cabo el proceso de vulcanización.

Una forma de determinar el estado de cura y la velocidad de cura de un compuesto de hule es realizando una curva Rheométrica de los compuestos.

2.2 Rheometria

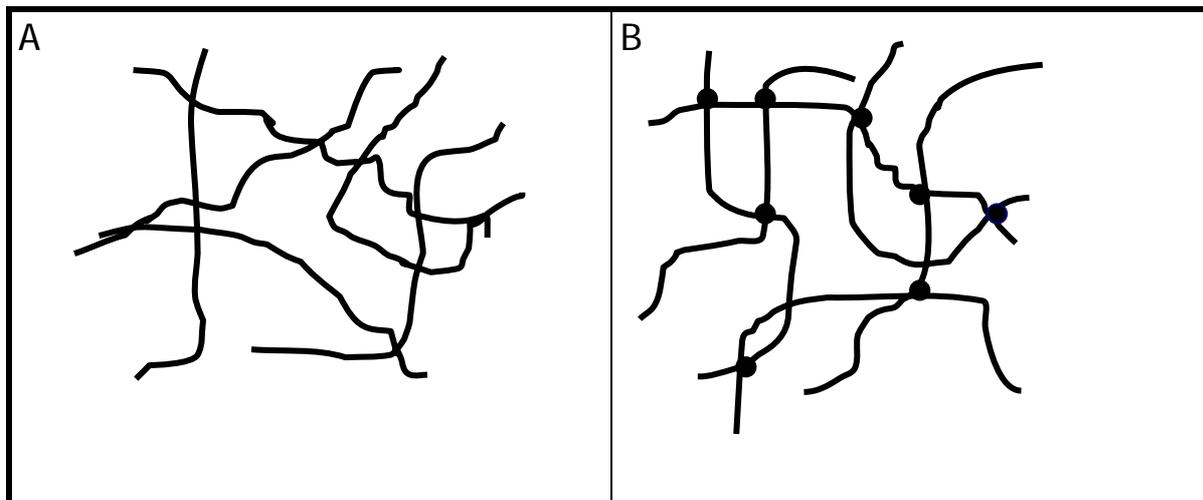
Es el procedimiento mediante el cual se somete una muestra del hule sin vulcanizar a una acción de torque de amplitud constante, a una temperatura y presión determinada, el equipo donde se lleva a cabo esta acción se llama Rheometro y mide el torque necesario para hacer oscilar el rotor.

Figura 5. Hule sin vulcanizar

Arreglo desordenado de cadenas de polímeros. Cuando son deformados no recuperan su posición original.

Figura 6. Hule vulcanizado

Se deforma pero debido al entrecruzamiento volverá a su forma original, cuando cese la fuerza que produjo esta deformación.



2.3 Descripción del proceso de vulcanización de llantas

En el proceso ideal de vulcanización de un compuesto, se pueden separar tres etapas diferentes:

2.3.1 Iniciación

Es el tiempo más corto posible para lograr que el hule alcance la temperatura al cual el proceso se realizara. La vulcanización comienza en esta etapa.

2.3.2 Vulcanización

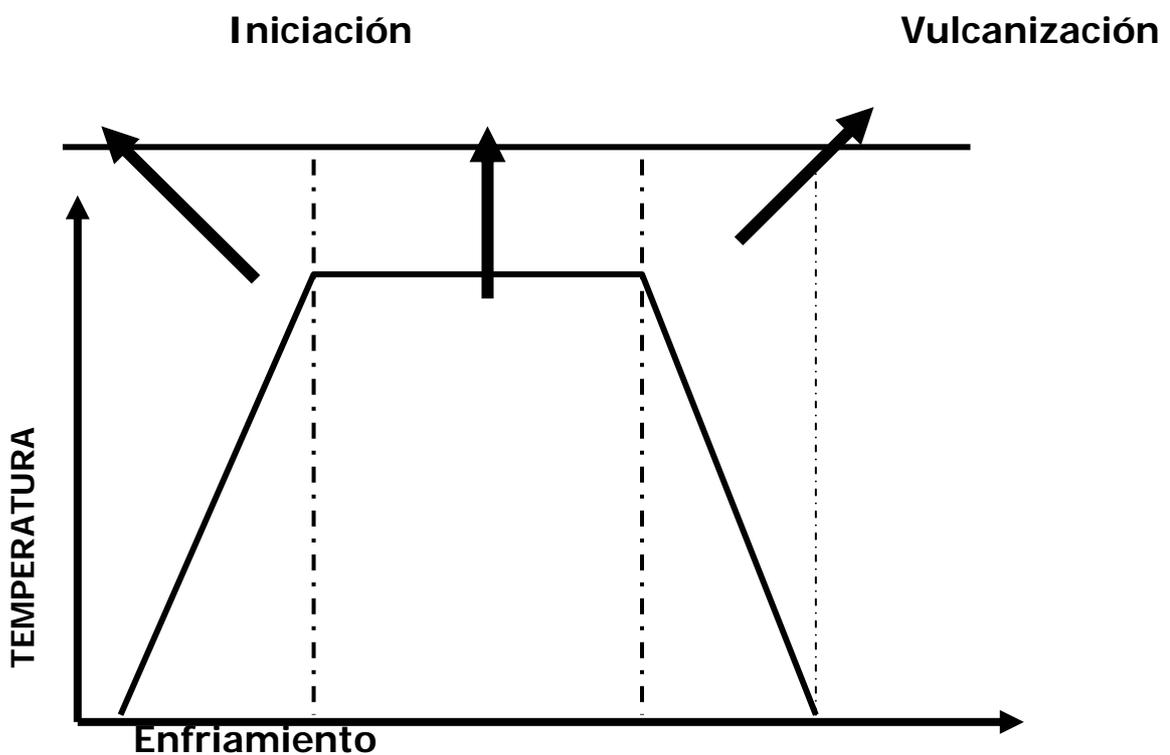
Es el período de tiempo en el cual se completa la reacción química a temperatura constante.

2.3.3 Enfriamiento

Es el tiempo requerido para enfriar el hule una vez que la vulcanización esta completa, para evitar la reversión de la reacción.

Por supuesto que este proceso ideal, muy raramente sucede en la práctica, principalmente por la baja conductividad del calor que posee el hule, los gruesos calibres de los productos y la forma irregular de ellos. El proceso ideal de vulcanización de un compuesto se muestra en siguiente figura.

Figura 6. Etapas del proceso de vulcanización



2.4 Ciclos de cura

Cuando se vulcaniza una cubierta en una prensa, el calor es provisto a la cubierta por dos fuentes, una externa y otra interna. El calor externo es transmitido a la cubierta a través del molde y por otro lado, el calor interno es transmitido a través del formador o bladder.

Ambas fuentes influyen en el proceso de vulcanización de una cubierta de prensas para llantas tipo radial y de camión. En el **servicio externo de cura**, el calor es provisto desde el exterior a través del molde, las cavidades superior e inferior son calentadas por contacto de una superficie caliente llamada **platina** que a su vez es calentada por contacto directo con vapor saturado.

La temperatura a la cual las platinas son calentadas es determinada por el estado de cura deseado para la posición en la cubierta, para un tiempo de cura determinado normalmente. Las condiciones de operación se verán influenciadas por la eficiencia en la transferencia de calor entre las platinas y las mitades del molde y el material del molde.

Se debe tener un buen contacto metal - metal entre el molde y las superficies de las platinas; cualquier material extraño, así como también un molde o platinas dañadas, afectará inversamente la transferencia de calor entre ambas superficies, trabajando de esta manera con temperaturas de operación más altas o tiempos de curas más largos. El material del molde, la altura del molde también afectan la eficiencia en la transferencia de calor entre la fuente y la cubierta y el estado de cura del exterior de la cubierta.

En el servicio de cura interno, el calor es provisto internamente en la cubierta a través del bladder, que se encuentra en contacto directo con los servicios internos de cura.

Los servicios de cura utilizados en este sistema son:

- Vapor de 200 psi 388 F
- Gas inerte de 300 psi a 65F

El vapor de 200 psi se encuentra en el bladder al principio del ciclo de cura, proporcionando el calor necesario para vulcanizar la cubierta desde el interior. El vapor de 200 psi es el único contribuyente de calor en el sistema de cura. Desde

el punto de vista de la vulcanización, se consideran **"iniciadores"** del proceso de vulcanización al vapor de 200 psi y al agua caliente circulante de 300 psi. Debido a su naturaleza, puede contribuir con una gran cantidad de calor por unidad de tiempo a la cubierta.

Luego del vapor de 200 psi se introduce el gas inerte de 300 psi, aumentando éste la presión interna requerida para la vulcanización de la cubierta, **el gas inerte solamente mantiene el proceso iniciado por el vapor de la primera fase**. Cuando ingresa el gas inerte en el formador o bladder, comienza una mezcla de servicios internos de vapor- gas inerte más el vapor condensado que se encuentra depositado en la parte inferior del formador. Este sistema de dos fases continúa suministrando el calor requerido para vulcanizar la cubierta. La transferencia de calor no será tan rápida como con los iniciadores, haciendo que la temperatura en las posiciones críticas aumenten moderadamente y aun más, a estabilizarse al final del tiempo de pressure on en cada posición.

3. GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO (LPG)

El término "gas licuado de petróleo" se aplica a ciertos hidrocarburos específicos que se pueden licuar a presiones moderadas y temperaturas normales, pero que son gaseosos en condiciones atmosféricas normales. Los principales constituyentes del **LPG** son: propano, propileno, butano, butileno e isobutano, mezclados en cualquier proporción con el aire. El LPG producido en la separación de hidrocarburos más pesados o más densos del gas natural se encuentran primordialmente en la serie parafínica (saturada). El LPG derivado del gas de

refinería petrolera puede contener cantidades bajas variables de hidrocarburos olefínicos (insaturados).

Los gases licuados del petróleo, LPG, se utilizan para servicios domésticos, se proporcionan en tanques o por medio de tuberías, y en algunas industrias, se utilizan como combustible de reemplazo. Las especificaciones de los gases licuados tienen por objeto la limitación del contenido en fracciones demasiado ligeras o demasiadas pesadas. Así la presión de vapor del propano comercial (C_3H_8), se limita a 21 Kg/cm² a 50 C y la del butano comercial (C_4H_{10}) a 8.67 Kg/cm² a 50 C.

3.1 Producción del gas propano y butano

Las fuentes de propano son el petróleo, el gas natural y los gases procedentes de la desintegración térmica (*cracking*). Aunque el porcentaje presente en el gas natural suele ser bajo, se obtiene en grandes cantidades de este gas.

Esta mezcla gaseosa conocida como gas natural contiene varios tipos de hidrocarburos, en diversas proporciones, de los cuales los más importantes son:

	metano	92%	
	etano	3.9%	
	Propano / propileno	1.8%	
	Isobutano/Isobutileno		
	Butano / butileno	0.2%	
Gases Licuados Del Petróleo	Nitrógeno] 2 %
	Bióxido de carbono		
	Ácido sulfúrico		
	Argón		

El gas propano que se produce en las mismas zonas de producción, se separa del gas natural y de la gasolina natural (más pesada), en las plantas especiales de gas, en donde se utilizan procesos de absorción y destilación para efectuar la separación. El propano es útil como combustible, refrigerante, disolvente y como material básico para hacer compuestos químicos. *Su uso más importante es en mezclas con butano como gases licuados del petróleo (gas embotellado)*, que se vende en cilindros de acero para cocinas y para calefacción. Como en el caso del propano, se utilizan grandes volúmenes de los butanos en el gas licuado. Estos gases, se usa también como combustibles en motores, sobre todo en vehículos pesados, como camiones y autobuses.

Tabla I. Características físicas de los gases propano y butano

Características	Propano (C₃H₈)	Butano (C₄H₁₀)
Temperatura crítica (C)	96.8 C	153 C
Punto de ebullición	-42.2 C	-0.6 C
Gravedad específica	0.585 ^{-45/4}	0.60 ⁰
Densidad relativa (aire =1)	1.550	2.084
Presión de vapor (lb. /plg ²), abs	189	52
Calor latente de vaporización(BTU /lb.)	185	167
Peso y volumen (lb. /gal) líquido	4.235	4.783
Poder calorífico (BTU /gal) líquido	91500	102600

4. GAS INERTE

4.1 Producción del gas inerte

El sistema de producción de neumáticos con gas inerte, consiste en la combustión en proporciones iguales de la mezcla de 50% propano y 50% n-butano en una cámara de combustión. Este toma un volumen de aire y la cantidad necesaria de combustible y consume todo el oxígeno alimentado, el aire y el gas se mezclan en el tubo de ignición iniciando de esta forma el proceso de combustión, donde se produce el gas inerte, obteniendo como producto de esta reacción nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) vapor de agua ($H_2O_{(g)}$) y algunos óxidos de nitrógeno. El gas suministrado al quemador tiene la misma presión del aire alimentado mezclándose en un quemador tipo pulverizador, la

combustión se lleva a cabo en un tubo de ignición recubierto con material refractario, con una chaqueta de agua para su enfriamiento. La reacción típica que ocurre en el lecho de la cámara de combustión es la siguiente:

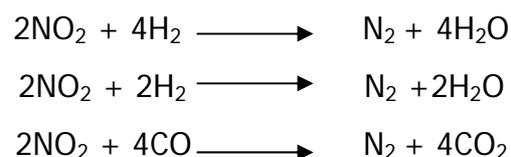


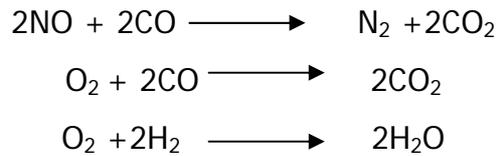
Los productos de la combustión nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua salen de la cámara de combustión (tubo de ignición) pasan a una cámara catalítica para eliminar los compuestos no deseables de la combustión del propano-n-butano, inmediatamente el gas es dirigido hacia un enfriador, pasa a través de un separador, luego es comprimido, este gas a alta presión es almacenado en un tanque, para posteriormente ser utilizado durante el proceso de vulcanización.

Inmediatamente después que los gases de combustión han sido enfriados y se ha removido el vapor de agua condensada, resulta una mezcla de gases con 12-25% de CO_2 y el resto N_2 .

Cuando el quemador de un generador se opera con exceso de combustible, se obtienen cantidades apreciables en el gas quemado resultante, los óxidos de nitrógeno y del oxígeno son particularmente dañinos si el gas se comprime a alta presión; los óxidos de nitrógeno son absorbidos ya que con la humedad presente forman ácido nítrico, que es el principal causante de la destrucción de los bladers y corrosión en tuberías de gas.

Por ello, para quitar los óxidos de nitrógeno y oxígeno, el gas quemado se pasa a través de una cámara catalítica. La reacción de estos constituyentes con hidrógeno y monóxido de carbono forma agua y dióxido de carbono, liberando el nitrógeno:





Para iniciar la reacción es necesario que el catalizador alcance una temperatura de 400 F.

4.2 Nitrógeno líquido(N₂)

Sustituyendo el gas inerte que se utiliza en el ciclo de cura puede utilizarse nitrógeno gaseoso.

El sistema de nitrógeno gaseoso es uno de los sistemas diseñados para aumentar la eficiencia en el proceso de vulcanización, para la producción de neumáticos del tipo radial y camión, mejorando a la vez la uniformidad y apariencia de estos productos.

Este sistema consiste en almacenar nitrógeno líquido en un tanque vertical, éste alimenta una bomba criogénica, la cual bombea el líquido hacia un intercambiador de calor en donde si realiza una expansión del nitrógeno produciéndose un cambio de fase de líquido a gaseoso. El nitrógeno gaseoso es almacenado en un tanque, inmediatamente después pasa a una estación reguladora, de donde se envía al área de prensas de vulcanización.

Los servicios de cura en este sistema son similares al de vapor- gas inerte, con la única variante que el gas inerte no se obtendrá como producto de la combustión. Para la realización de este proyecto se utilizará nitrógeno en forma líquida, suministrado por un proveedor externo.

Al utilizar gas nitrógeno como medio de cura en las prensas de vulcanización radial y camión (bias-truck), se pretende mejorar estos sistemas de cura reduciendo

los ciclos , gastos de generación de gas inerte, evitando deterioro de bladders e incrustaciones en tuberías en la cámara de construcción; es por esta razón que se presenta la opción de nitrógeno gaseoso ya que es un proceso limpio.

5. COSTO, PRERARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La mayoría de las veces que se emprende una tarea, existen variedad de alternativas para llevarlas a cabo; la mayor parte de la información sobre cada alternativa puede expresarse cuantitativamente en función de materiales y mano de obra a fin de llevar a cabo dichas alternativas. Un nuevo proyecto de ingeniería puede ser lo mejor posible, pero si no es económicamente competitivo dicho proyecto no se llevará a cabo.

5.1 Proyectos

Por proyecto se entiende, el conjunto de actividades para materializar o conseguir una finalidad. Un proyecto constituye todas las actividades para alcanzar un objetivo que incluye desde la identificación de una necesidad hasta la puesta en operación y administración de la obra.

El estudio de proyectos, incluye básicamente dos grandes pasos: la preparación y la evaluación. Preparación define todas las características que tenga un efecto en el flujo de ingresos y egresos monetarios del proyecto. La evaluación

busca determinar la rentabilidad de la inversión en el proyecto, con metodología definidas.

En toda actividad económica, para medir el efecto de un proyecto durante su ciclo de desarrollo, debe utilizarse una unidad de medida del valor de las cosas que es la moneda o unidad de cuenta. Todas y cada una de las actividades que se realizan en un proyecto se miden por su valor monetario; unas representan ingresos o beneficios y otras se convierten en egresos o costos.

5.2 Justificación

Se resume básicamente en tres razones.

5.2.1 Viabilidad del proyecto

Consiste en determinar si es conveniente emprender un proyecto.

5.2.2 Búsqueda de alternativas

Esto consiste en comparar proyectos para seleccionar la mejor alternativa que satisfaga una necesidad.

5.2.3 Inversión de capital

Esto significa, definir cuales de los proyectos de inversión que se han identificado se debe colocar la cantidad de dinero disponible para dicha inversión.

6. COSTO Y EL VALOR DEL DINERO

La estimación de los costos futuros constituyen uno de los aspectos centrales del trabajo del evaluador, tanto por la importancia de ellos en la determinación de la rentabilidad del proyecto como por la variedad de elementos sujetos a valorización como por la variedad del elemento sujetos a valorización como desembolsos del proyecto. Entre otras cosas, por el hecho de que para definir todos los egresos, se deberá previamente proyectar la situación contable sobre la cual se calcularán éstos.

Al efectuar una inversión, la industria de neumáticos debe de buscar ser más productiva y ante la globalización industrial ser más competitiva

6.1 Costo

Se define como costo, a los recursos perdidos para alcanzar un objetivo específico, o bien, las unidades monetarias que se tienen que pagar por los bienes y servicios.

Para analizar los costos de las alternativas u opciones, se debe proyectar el flujo de gastos que representará cada una de ellas, y trasladar estos valores a una misma época utilizando las técnicas del valor del dinero en el tiempo, que es una herramienta importante en la inversión de capital. EL costeo no es más que el proceso para determinar el valor o costeo de producir un artículo específico,

proporcionar un servicio, llevar a cabo una función, etc. Así mismo se habla de costeo a la erogación monetaria que se hace para poder adquirir un producto o realizar una inversión.

A continuación se presenta una definición de los diferentes tipos de costos y de algunas de las formas como se pueden clasificar, así mismo se describe la teoría económica del valor del dinero en el tiempo, que proporcionará la base para la evaluación de costos.

6.1.1 Costos variables

Son todos aquellos costos que van directamente relacionados con en total en proporción a la variación de las unidades producidas, en otras palabras representa el costo de producir cada unidad.

6.1.2 Costos fijos Representan un monto no susceptible a cambios ante diferentes volúmenes de producción a un determinado periodo.

6.1.3 Costo total

Se obtiene de la suma de los costos fijos y variables asociados a cada alternativa, ésta relación se expresa en forma gráfica a continuación

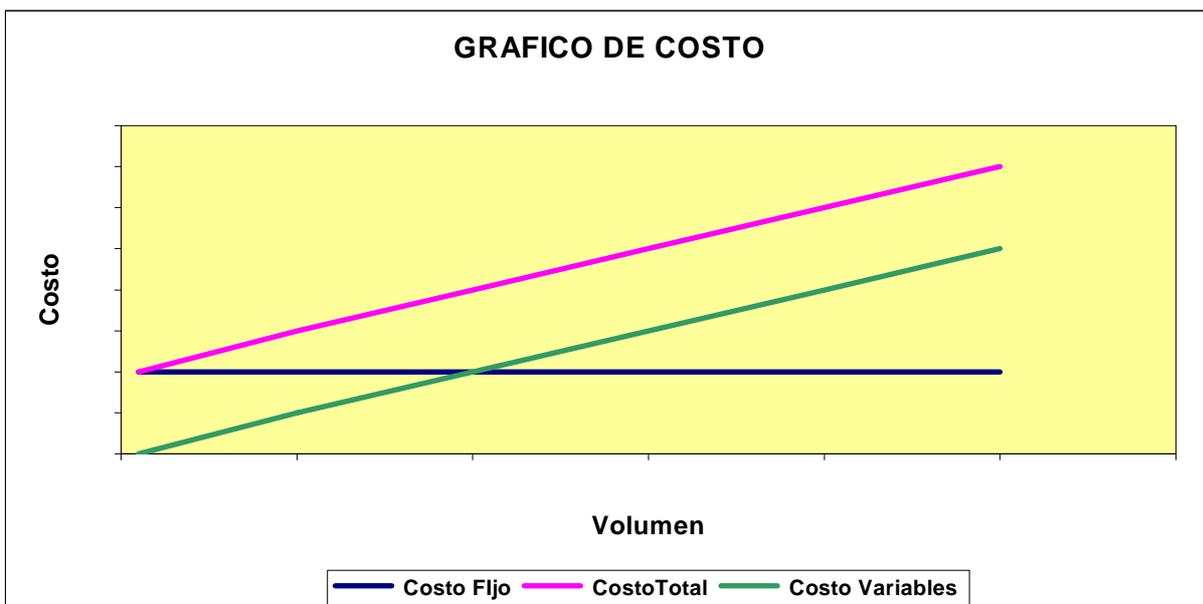


Figura 7. Gráfica de costo

Existen otras formas de clasificar los costos, que van de acuerdo con el factor que se evalúe en la actividad realizada, como por ejemplo.

Costo total

Costo Variable

Costo Fijo

6.1.4 Costo diferencial

Estos costos, denominados diferenciales representan el incremento o disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas, en términos comparativos respecto a una situación tomada como base y que usualmente es la vigente. En consecuencia, son los costos diferenciales los que en definitiva deberán utilizarse para tomar una decisión que involucre algún incremento o decrecimiento en los resultados económicos esperados de cada curso de acción que se estudie.

6.1.5 Costo futuro

Cualquier decisión que se tome en el presente afectará los resultados futuros. Los costos históricos, por el hecho de haberse incurrido en ellos en el pasado, son inevitables. Por tanto, cualquier decisión que se tome no hará variar su efecto como factor de costo total. Los costos históricos en sí mismo son irrelevantes en las decisiones, puesto que por haber ocurrido no pueden recuperarse; hay que tomar en cuenta de no confundir el costo histórico con el activo o el bien producto de ese costo, que sí puede ser relevante. Esta sería la situación de un activo comprado años

atrás, sobre el cual pueda tomarse una decisión a futuro que genere ingresos, si se destina a usos como su venta, arriendo u operación, en estos casos el dilema será siempre que hacer a futuro. En ninguna evaluación se incorpora como patrón o elemento de medida la inversión ya realizada.

6.1.6 Costo promedio

Es la relación entre el costo total y el número de unidades con la actividad realizada, puede ser horas de crédito, número de libras manipuladas, horas de servicio, etc. Por lo general, este tipo de costo aporta mayor información en el manejo de los costos; con frecuencia son muy útiles, pero debe tenerse cuidado con su análisis e interpretación.

6.1.7 Costos por sustitución de instalación

Este tipo de costo constituye uno de los análisis más complejos en la consideración de costos relevantes, no tanto por los procedimientos empleados como por la disponibilidad de la información adecuada. El análisis por sustitución tiene en cuenta los aumentos como el mantenimiento de la capacidad productiva; existen dos posibilidades que pueden alterar el procedimiento de cálculo: a) que las instalaciones nuevas tengan una vida útil igual a la vida residual de las instalaciones por reemplazar, b) que las instalaciones nuevas tengan una duración mayor que la vida útil restante de las que estén en uso.

En este costo, el razonamiento consistiría en determinar las ventajas económicas diferenciales del equipo nuevo frente al antiguo, esto quiere decir, determinar el ahorro en los gastos fijos y variables originados por el reemplazo es suficiente para cubrir la inversión adicional y para remunerar el capital invertido a una tasa razonable para cubrir el costo de oportunidad.

6.1.8 Costos sepultados

Se denomina costo sepultado si corresponde a una obligación de pago que se contrajo en el pasado, aun cuando parte de ella, esté pendiente de pago a futuro. La parte de la deuda contraída y no pagada es un compromiso por el cual debe responder la empresa, independientemente de las alternativas que enfrenten en un momento dado. Fácilmente se podrá apreciar que un costo sepultado puede consistir tanto en un costo fijo como en uno variable.

6.1.9 Costos de producción

Es el uso más frecuente del análisis de costos pertinentes se desarrollan en lo relacionado con las decisiones de fabricación. Dentro de éstas, son fundamentales las de optar por producir o comprar, seleccionar la mezcla óptima de producción y minimizar la inversión en inventarios.

6.1.10 Costo contable

Este costo es muy importante para la determinación de la magnitud de los impuestos a las utilidades.

Para fines tributables, la inversión en una máquina, no genera aumento ni disminución de riqueza, por tanto no hay efectos tributables por la compra de activos. EL Fisco no puede ir revisando el grado de deterioro de cada activo de un país, por lo tanto asigna una pérdida de valor promedio anual para activos que denominan depreciación.

6.1.11 Costos de mantenimiento

Son todos aquellos gastos necesarios para mantener en funcionamiento un equipo; este tipo de costo se puede clasificar según el tipo de mantenimiento realizado: preventivo, correctivo y predictivo.

6.2 Consideraciones a tomar en cuenta

Otras consideraciones que se deben tomar en cuenta para la evaluación de un proyecto es el siguiente:

6.2.1 Depreciación

Se entiende como el desgaste que sufren los equipos por el uso normal o extraordinario. La depreciación se puede ver afectada por factores físicos como:

- Deterioro natural: corresponde por acción del medio ambiente.
- Destrucción: corresponde a la destrucción del equipo a causa del uso, desgaste y obsolescencia.
- Obsolescencia: se considera al equipo que no cumple las necesidades de la empresa, usualmente son sustituidos por nuevos equipos tecnológicamente mejor.
- Insuficiencia: es cuando se necesita incrementar la producción del equipo y su eficiencia no lo permite.

7. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados para las dos diferentes alternativas de vulcanización analizadas para llantas del tipo radial radiales y de camión.

Para el cálculo de los resultados (ver anexo 2).

Tabla II. Resultados

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costo de operación anual	42,594.05
Costo anual de generación gas inerte	366,249.88
Costo anual nitrógeno líquido	505,994.59
Ahorro de mantenimiento(tuberías, bladders, mano de obra)	82869.23
Porcentaje de aumento de costo anual, al utilizar nitrógeno gaseoso	15.52 % más caro

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Actualmente se utiliza el gas inerte , generado en planta, mediante la combustión dentro de un generador, en proporciones iguales de mezcla de propano y n-butano, para la vulcanización de llantas radiales y de camión. Este sistema actual de gas inerte provoca grandes serios problemas de mantenimiento, ya que cuando el generador es operado se generan óxidos de nitrógeno y oxígeno que son absorbidos por la humedad presente, formando ácido nítrico siendo este el principal causa de corrosión en tuberías, incrustaciones en la cámara de combustión y el deterioro de *bladder*, así mismo el carbón ocasiona incrustaciones en los tubos de la cámara de combustión, catalizador, enfriador y trampas. Debido a la importancia que tiene para la industria el ahorro de costos de operación, se buscan nuevas alternativas, para ahorrar aumentar la productividad, disminuir costos de producción, elevando de esta manera la eficiencia. Esta reducción en el costo enfatiza la necesidad de buscar nuevas opciones de menor costo y mayor productividad, que involucre el proceso de vulcanización de neumáticos.

En vista de mejorar el proceso y disminuir costos se tiene la opción de adquirir nitrógeno líquido por medio de un proveedor local. Al utilizar nitrógeno gaseoso como nuevo medio de vulcanización, este está diseñado para aumentar la eficiencia en el proceso de vulcanización.

Analizando ambas alternativas se observa que el uso de nitrógeno líquido permite un proceso más "limpio", lo que muestra la ventaja de disminuir costos de mantenimiento en tuberías, prensas, destrucción de *bladders*, y reducción de ciclos de cura, mejorando al mismo tiempo la uniformidad y la apariencia de la llanta.

Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos para las dos alternativas comparativas de costos anuales de operación en el sistema de vulcanización de llantas radiales y de camión (Tabla I), gas inerte contra nitrógeno gaseoso, se presenta un alza en el costo actual (gas inerte) de un 15.52%

incluyendo el ahorro en mantenimiento correctivo que se hace por corrosión de tuberías y destrucción de *bladders*; haciendo de esta manera no viable la opción de gas nitrógeno. Por tal razón, se sugiere la búsqueda o negociación de un proveedor externo que proporcione el nitrógeno líquido, a las condiciones que posee la planta hoy en día, haciendo de esta manera la inversión del proyecto rentable.

CONCLUSIONES

1. Mediante el procedimiento de vulcanización de llantas radiales y de camión utilizando nitrógeno gaseoso no es posible la reducción de los costos de operación.
2. El costo de operación anual de nitrógeno gaseoso aumenta en un 15.52% en relación al sistema actual de gas inerte.

RECOMENDACIONES

1. Debe obtenerse un suministro local de nitrógeno líquido rentable de acuerdo con las necesidades de producción actual de la planta.

2. Buscar nuevas estrategias para el incremento de la producción de neumáticos.

3. Adquirir un generador de gas nitrógeno y oxígeno(nueva investigación).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Figueroa H Carlos. Análisis de Motores de Combustión Interna que Funcionen con Gas Propano y Gasolina. Tesis Ing. Mecánico Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1998.
2. Álvarez Quintanilla Paula P. Selección y Diseño de un Sistema de Enfriamiento para una Cámara de Combustión de Gases. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2000.
3. M Castillo. **Perfección en la Vulcanización**. Traducido al español por E. Por E. Alassa GoodYear Argentina. Pág.3-30,42-50,95,96.
4. Perry Robert y Don W. Green. **Manual del Ingeniero Químico**. 6ta. Edición. México: Editorial McGraw-Hill 1992. Tomo I.
5. Sapag C. Nassir y Sapag C. Reinaldo. **Preparación y Evaluación de de Proyectos**. 3ra. Edición. Colombia McGraw-Hill. 1995. Página 24-25, 105-115, 127-134, 165.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. Configiacco. **GoodYear Inert Gas Operation manual**. Estados Unidos: diciembre 1981. Pag 1-1 a 7-11.
2. Morton, Maurice. **La tecnología de Caucho**. 2da. Edición. México, s.e. 1973. Pag 290-295.
3. Sydney Alexander Samuels. **Apuntes Sobre Preparación y Evaluación de Proyectos 1**. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Enero de 1997. Pág. 4,5,6,7,8-20.
4. Kirk Raymond y Donald F. Othmer. **Enciclopedia de Tecnología Química**. México: Uthea, 1962. Pág. 3:974, 3:975, 3:976, 3:977, 9:108, 9:109, 9:110,9:112, 9:113, 9:148, 9:149.
5. G. D. Ulrich. **Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química**. México. 1ra. Edición. Traducido al español por Ing. Popocatépetl Ríos Lara. McGraw-Hill. 1992.

ANEXO 1

Gastos del generador de gas inerte

Tabla II. Gasto del generador de gas inerte del primer trimestre de 2002 (en dólares).

Gastos	Enero	Febrero	Marzo	Total
Depreciación	1465.49	1465.49	1465.49	4396.47
Otros	73	73	73	219.00
Gas Propano	29,663.00	29,597.00	33,577.64	92837.64
Suministros	12.27	12.27	12.27	36.81
Misceláneos	125.00	125.00	125.00	375.00
Repuestos	—	15168.01	2453.94	17,621.95

Tabla III. Gasto del generador de gas inerte del segundo trimestre de 2002 (en dólares)

Gastos	Abril	Mayo	Junio	Total
Depreciación	709.00	709.00	713.00	2,131.00
Otros	101.00	101.00	101.00	303.00
Gas Propano	27,138.00	24,313.00	24,672.00	76,123.00
Suministros	17.00	—	15.00	32.00
Misceláneos	152.00	186.00	155.00	493.00
Repuestos	182,474.12	468.00	252.00	183,194.12

Tabla IV. Gasto del generador de gas inerte del tercer trimestre de 2002 (en dólares)

Gastos	Julio	Agosto	Septiembre	Total
Depreciación	712.00			712.00

Otros	101.00	101.00	101.00	303.00
Gas Propano	36,009.00	15,007.00	31,043.00	82,059.00
Suministros	11.00	—	78.00	89.00
Misceláneos	189.00	137.00	170.00	496.00
Repuestos	—	—		

Tabla V. Gasto del generador de gas inerte del cuarto trimestre de 2002
(en dólares)

Gastos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Depreciación	1,467.00	1465.00	1465.00	4,397.00
Otros	101.00	—	—	101.00
Gas Propano	30,094.00	30,924.00	17,055.00	78,073.00
Suministros	—	—	—	
Misceláneos	194.00	122.00	1082.00	1,398.00
Repuestos	479.00	15,909.00	21,431.00	37,819.00

Tabla VI. Gasto del generador de gas inerte del primer trimestre de
2003 (en dólares)

Gastos	Enero	Febrero	Marzo	Total
Depreciación	1465.49	1465.49	1465.49	4396.47

Otros	73	73	73	219.00
Gas Propano	29,663.00	29,597.00	33,577.64	92837.64
Suministros	12.27	12.27	12.27	36.81
Misceláneos	125.00	125.00	125.00	375.00
Repuestos	—	15168.01	2453.94	17,621.95

ANEXO 2

Cálculo de consumo de energía

Para ejemplificar los cálculos realizados para el consumo de energía y costo energético para los compresores utilizados durante el proceso de vulcanización de llantas radiales y de camión se llevo de la siguiente manera.

1. Costo de energía eléctrica

Consumo de energía. C.E.E

Costo Kw-h para la industria. = Q 0.52 + IVA.

Compresores 2 en funcionamiento = 40 hp.

USD\$ 1.00 = Q 7.50

(Consumo energía * costo Kw-h) + IVA.

$$C.E.E = (0.52/1Kw-h)*1.12 = \mathbf{Q\ 0.5824 /Kw-h}$$

Compresores

$$40hp * (0.746 Kw/hp) = 29.84 Kw.$$

$$40hp * (0.746 Kw/hp) = 29.84 Kw.$$

59.68 Kw.

$$(59.68 kw * 0.5824Q/Kw-h) * 1.12 * 0.133 = 5.18\$/h$$

Costo de operación anual

Costo de operación = costo de energía eléctrica * tiempo de vulcanizado.

$$5.18 \text{ \$/h} * 24\text{h/1día} * 342 \text{ días/1año} = \$42,594.05$$

Cálculo de consumo de nitrógeno(N₂)

Llantas radiales

Promedio de Vulcanizado 25 min por ciclo

$$19 * 290.9 \text{ SCFH} = 5527.1 \text{ SCSF /ciclo Mínimo}$$

$$19 * 377.4 \text{ SCFH} = 7170.6 \text{ SCF / ciclo Máximo}$$

Mínimo

$$5527.1 \text{ SCF} * \frac{1 \text{ Lt}}{24.6 \text{ SCF}} = 224.68 \text{ Lt N}_2 / \text{ ciclo}$$

Máximo

$$7170.65 \text{ SCF} * \frac{1 \text{ LT N}_2}{24. \text{SCF}} = 291.49 \text{ Lt N}_2 / \text{ ciclo}$$

Ciclos

$$19699 \text{ ciclo/ año} * 224.68 \text{ Lt N}_2 / \text{ ciclo} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} = 4426 \text{ m}^3 / \text{ año}$$

(Mínimo)

$$19699 \text{ ciclo/ año} * 291.49 \text{ Lt N}_2 / \text{ ciclo} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} = 5742 \text{ m}^3 / \text{ año}$$

(Máximo)

$$\text{Promedio}_{(\text{radial})} = 5084.31 \text{ m}_3 / \text{ año}$$

Llantas de camión

Promedio de Vulcanizado 45 mi por ciclo.

$8 * 542.3 \text{ SCF} = 4338.4 \text{ SCF}$ mínimo /ciclo.

$8 * 1132.7 \text{ SCF} = 9061.6 \text{ SCF}$ máximo / ciclo.

Mínimo

$4338.4 \text{ SCF/ciclo} * 1 \text{ ltN}_2/24.6 \text{ SCF} = 176.35 \text{ ltN}_2/\text{ciclo}$

Máximo

$9061.6 \text{ SCF/ciclo} * 1 \text{ ltN}_2/24.6 \text{ SCF} = 368.33 \text{ ltN}_2/\text{ciclo}$

Ciclos

$1 \text{ ciclo}/45 \text{ min} * 60 \text{ min.} /1 \text{ h} * 24 \text{ h}/1 \text{ día} * 342 \text{ días}/1 \text{ año} = 10944 \text{ ciclo/año}$

Mínimo

$10944 \text{ ciclo/año} * 176.35 \text{ lt N}_2/\text{ciclo} * 1 \text{ m}^3/1000 \text{ lt} = 1.93 \text{ E} + 3 \text{ m}^3/\text{año}$

Máximo

$10944 \text{ ciclo/año} * 368.33 \text{ ltN}_2/\text{ciclo} * 1 \text{ m}^3/1000 \text{ lt} = 4.03 \text{ E} + 3 \text{ m}^3/\text{año}$

Promedio (camión) = 2980 m³/año

Total = Promedio (camión) + **Promedio** (radial) = **8064.31 m³/año**

* **Costo anual de generación de gas inerte**

Costo anual generación gas inerte = costo mantenimiento de la cámara de gas inerte + costo anual de operación

Costo anual generación gas inerte = \$ 32,5294.07 + \$ 42,594.05

Costo anual generación gas inerte = \$366,249.88/año

* **Costo anual compra nitrógeno líquido**

Costo nitrógeno líquido = costo nitrógeno + costo de dióxido de carbono_(Pellet) +
Costo de operación

Costo nitrógeno líquido = $80,000\text{m}^3 * \$0.46 * 12 + 2,720\text{Kg} * \$0.71 * 12 +$
 $\$ 40,955.81 = \$505,994.59/\text{año}$

• **Ahorro en mantenimiento utilizando nitrógeno gaseoso.**

Costo ahorrado en repuestos(tuberías, *bladders*,) \$ 3700.00

$\$3700.00 / \text{mes} * 1\text{mes}/26\text{días} * 342\text{días}/1\text{año} = \$48669.23/\text{año}$

Costo ahorrado en mano de obra \$ 2600.00

$\$ 2600.00/ \text{mes} * 1 \text{ mes} / 26\text{días} * 342\text{días} /1 \text{ año} = \$ 34200.00 /\text{año}$

Ahorro en mantenimiento = Costo ahorrado en repuestos + costo ahorrado mano
de obra

Ahorro en mantenimiento = $\$48669.23 + \$34200.00 = 82869.23/\text{año}$

* **Diferencia de Costo gas inerte nitrógeno gaseoso**

Diferencia anual = costo anual gas inerte – ((costo anual nitrógeno gaseoso- ahorro
en mantenimiento))

Diferencia anual = $\$ 366249.88 - ((\$505994.59 - \$82869.23)) = (-\$56874.88)$

